

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Racionalizace obrábění vybrané součásti na CNC
obráběcích strojích

Machining Rationalization of Choice Component
on CNC Machines

Student : Jiří Helsner

Vedoucí bakalářské práce : Ing. Lenka Petřkovská

Ostrava 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

Jiří Helsner

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně k své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst.4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb, o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

.....
Jiří Helsner
Sušilova 1414
769 01 Holešov

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

HELSNER, Jiří. *Racionalizace obrábění vybrané součástí na CNC obráběcích strojích*. Ostrava: katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009, 45 s. Bakalářská práce, vedoucí Petřkovská, Lenka.

Bakalářská práce se zabývá racionalizací stávající technologie obrábění s využitím CNC obráběcích strojů. Práce je zaměřena na racionalizaci výroby otvoru dané součásti. V úvodu je zpracována základní teorie obrábění a nástrojových materiálů. Na základě rozboru stávající technologie výroby součásti, byl zvolen nový nástroj na výrobu otvoru a navržena nová technologie výroby.

Na základě stanovených ukazatelů byla navržená technologie výroby porovnána se stávající technologií.

ANNOTATION OF THESIS

HELSNER, Jiří. *Machining Rationalization of Choice Component on CNC Machines*. Ostrava: Department of Working and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VŠB - Technical University of Ostrava, 2009, 45 p. Thesis, head: Petřkovská, Lenka.

The following thesis deal with rationalization of cutting operation on CNC machines. Thesis is oriented to hole manufacturing rationalization of given component. In the introduction is processed basic theory of cutting and tool materials. On the basis of analysis of current manufacturing technology was select new hole making cutting tool and propose new manufacturing technology.

On the basis of defined signposts was new and current manufacturing technology trade off.

Obsah

Seznam použitého značení	7
1 Úvod.....	8
2 Obrábění	9
2.1 Vrtání.....	13
2.2 Rozdělení vrtáků	14
3 Materiály obráběcích nástrojů.....	20
3.1 Rozdělení materiálů obráběcích nástrojů	21
3.2 Rychlořezné oceli	21
3.3 Slinuté karbidy	22
3.4 Cermety	30
3.5 Řezná keramika	32
3.6 Syntetické velmi tvrdé materiály.....	37
4 Rozbor stávající technologie výroby	41
4.1 Volba součásti	41
4.2 Výrobní stroj	42
4.3 Materiál součásti	44
4.4 Nástroj	44
5 Návrh nové technologie výroby součásti	46
5.1 Návrh nástroje	46
5.2 Volba řezných podmínek	48
6 Ekonomické zhodnocení	49
7 Závěr.....	51
Seznam použité literatury	52
Seznam příloh	53

Seznam použitého značení

A5	-	tažnost [%]
CNC	-	Computerized Numerical Control - počítačový řídicí systém
CVD	-	chemická metoda povlakování
D	-	průměr obrobku nebo nástroje [mm]
HRC	-	tvrdost podle rockwella
HB	-	tvrdost materiálu dle Brinella
L	-	délka [mm]
NC	-	Numerical Control - číslicový řídicí systém
PVD	-	fyzikální metoda povlakování
PCVD	-	chemické povlakování s využitím mikropulzní plazmy
PKB, PKNB	-	polykrystalický kubický nitrid boru
PKD	-	polykrystalický diamant
Re	-	mez kluzu [MPa]
Rm	-	mez pevnosti v tahu [MPa]
RO	-	rychlořezná ocel
SK	-	slinutý karbid
STS	-	Single Tube Systém – jednotrubkový systém
T	-	trvanlivost nástroje [min]
VBD	-	vyměnitelná břitová destička
f	-	posuv [mm·ot ⁻¹]
f _z	-	posuv na zub [mm.zub ⁻¹]
h	-	tloušťka třísky [mm]
i	-	počet děr
l _a	-	šířka třísky [mm]
n	-	otáčky vřetene [min ⁻¹]
v _C	-	výsledná řezná rychlost [m·min ⁻¹]
v _f	-	rychlost posuvu [mm·min ⁻¹]
α ₀	-	nástrojový úhel hřbetu [°]
χ ₀	-	nástrojový úhel čela [°]
ε _r	-	úhel hrotu vrtáku [°]
φ _p	-	středový úhel [°]

1 Úvod

Společnost MIPEXA, s.r.o. vznikla v roce 1994 z činnosti sdružení dvou fyzických osob podnikajících od roku 1990 na základě živnostenských oprávnění. Nyní se firma specializuje na sériovou výrobu přesných kovových součástí vyráběných na CNC obráběcích strojích a CNC obráběcích centrech [5].

Strojový park firmy se postupně rozšiřoval z konvenčních obráběcích strojů na NC obráběcí stroje, na nichž se realizovaly zakázky a výroba dílů přírubového charakteru pro firmy Wicke a ATB. Výroba na těchto strojích byla méně produktivní a s nízkou úrovní konkurenceschopnosti v oblasti kovoobrábění [5].

Významný zvrat však nastal v roce 1996, kdy firma MIPEXA s.r.o. začala investovat do moderních výrobních technologií a technologických postupů, které jí umožnily inovovat stávající výrobu zejména v oblasti přesnosti a kvality obrábění požadovaného tvaru, za současného výrazného zvýšení produktivity [5].

Oslovením významných zákazníků, zejména z oblasti automobilového průmyslu, začala firma spolupracovat s prestižními českými i zahraničními zákazníky jako MAGNETON a.s., FORSCHNER PTZ, HALDEX Ges.m.b.H, ISKRA Avtoelektria d.d. Slovinsko, BENTLELER Automotive s.r.o., FERAMO spol.s.r.o., UXA spol. s.r.o., BSW Bag Solution Worldwide s.r.o., apod. Roční hrubý obrát firmy za rok 2007 činil cca 2,1 mil € [5].

Taktéž velký podíl obráběných dílů tvoří odlitky a výkovky, které firma obrábí pro tuzemské slévárny a kovárny. Polotovary ve formě odlitku (výkovku) o hmotnosti 0,5 až 50 kg jsou opracovány s vysokou přesností, kontrolovány a odesílány zpět do mateřské slévárny či kovárny [5].

Soustružení dílů z tyčového materiálu je prováděno na soustruzích s poháněnými nástroji a dvouvřetenovém soustruhu taktéž s poháněnými nástroji značky GOODWAY. Všechny tyto stroje jsou vybaveny automatickými podavači tyčového materiálu [5].

Soustružení odlitku (výkovku) přírubového charakteru je prováděno na strojích TC 615 a modernizovaných SPR 63 ze ZPS - Tajmac Zlín.

Frézování ploch, tvaru, vrtání a závitování je prováděno na CNC obráběcích centrech VMC 1050, VMC 1060 a MCFV 1050 ze ZPS - Tajmac Zlín.

Firma disponuje také CNC pásovými pilami, na kterých je možné dělit veškerý vstupní materiál až do \varnothing 380 mm [5].

2 Obrábění

Obrábění je technologický proces, kterým se vytváří povrch předmětu určitého tvaru, rozměru i jakosti, odebráním částic nebo oddělováním částí materiálu pochody mechanickými, elektrickými, chemickými apod., případně jejich kombinací. [1]

Řezání je obrábění, při kterém dochází k odebrání materiálu ve tvaru třísky břitem řezného nástroje [1].

Obrobek je obráběný nebo již obrobený předmět (dílec,součást) [1].

Soustava obrábění je tvořena obráběcím strojem (S), nástrojem (N) a obrobkem (O) [1].

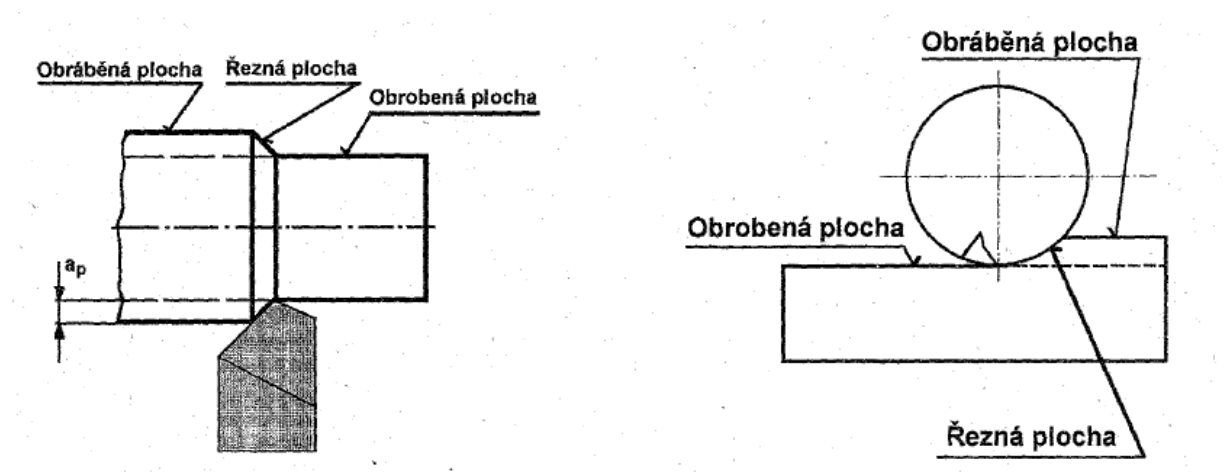
Obráběcí nástroj je aktivní prvek soustavy obrábění, který svými vlastnostmi bezprostředně umožňuje proces obrábění [1].

Nářadí zahrnuje obráběcí nástroje, řezné nástroje, přípravky a někdy také ruční strojní zařízení [1].

Obráběná plocha je část povrchu obrobku přetvářená obráběním (obr.2.1) [1].

Obrobená plocha je plocha na obrobku vzniklá obráběním profilující části nástroje (obr.2.1) [1].

Řzná (přechodová) plocha je okamžitá plocha obrobku vytvářená při obrábění ostřím nástroje při řzném pohybu [1].



Obr. 2.1 Plochy na povrchu obrobku [1]

Nominální povrch je tvar obrobené plochy obrobku bez mikronerovností a jiných úchylek [1].

Kinematika řezání zahrnuje vzájemný pohyb nástroje a obrobku při obrábění. Skládá se z řezného pohybu a pohybů pomocných. V užším slova smyslu se kinematika řezání shoduje s okamžitým pohybem potřebným k oddělení třísky. V širším slova smyslu je kinematika řezání chápána jako všechny pohyby potřebné na zhotovení části součástky stejným nástrojem. Často je do kinematiky řezání zahrnován i přísuv nebo polohování nástroje či obrobku. Složky kinematiky řezání jsou zachyceny na obr.2.2 [1].

Řezný pohyb je relativní pohyb mezi řezným nástrojem a obrobkem, uskutečňující řezání (obr.2.2) [1].

Hlavní pohyb je relativní pohyb nástroje nebo obrobku, obvykle určený řeznou rychlostí a podmiňující řezný proces. Je to složka řezného pohybu, která se shoduje s pohybem obráběcího stroje odvozeným od motoru s největším instalovaným příkonem. Hlavní pohyb koná nástroj nebo obrobek, případně oba dva současně. Hlavní pohyb bez posuvu umožňuje pouze odebrat třísku po dobu jedné otáčky či zdvihu. Rychlost hlavního pohybu je obvykle větší, než rychlost posunová, proto se na hlavní pohyb spotřebuje převážná část výkonu stroje[1].

Hlavní pohyb může být :

- přímočarý přerušovaný (hoblování, obrážení, protahování, řezání pilovými listy).
- otáčivý plynulý (soustružení, vrtání, vyhrubování, vystružování, vyvrtávání, frézování, řezání okružními pilami, broušení).
- křivočarý (soustružení neválcových součástí, hoblování a obrážení nelineárních tvarů).

Přímočarý nebo otáčivý hlavní pohyb vykonává nástroj nebo obrobek. Křivočarý hlavní pohyb se získá kombinovaným pohybem obrobku a nástroje [1].



Obr. 2.2 Složky kinematiky řezání [1]

Posuv f [$\text{mm} \cdot \text{ot}^{-1}$], [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$], [$\text{mm} \cdot \text{zdv}^{-1}$] je složka výsledného řezného pohybu daná pohybem nástroje nebo pohybem obrobku, která spolu hlavním pohybem umožňuje obrábění. Zpravidla se koná ve směru kolmém na směr hlavního pohybu [1].

Posuv může být:

- přímočarý plynulý (soustružení, vrtání, vyhrubování, vystružování, frézování, řezání okružními a pásovými pilami).
- přímočarý přerušovaný (hoblování, obrážení, broušení na plocho, řezání pilovými listy).
- otáčivý plynulý (frézování válcových ploch).
- otáčivý přerušovaný (hoblování a obrážení válcových ploch).
- křivočarý plynulý (při tvarovém soustružení, frézování nebo broušení).
- Křivočarý přerušovaný (při tvarovém hoblování a obrážení).

Podle směru se dělí posuv na:

- podélný, tj. po délce stroje nebo obrobku,
- příčný, tj. ve směru kolmém na posuv podélný,
- kruhový, tj. při frézování válcových ploch.

Kromě hlavního pohybu a posuvu rozlišujeme ještě pohyby pomocné, které se bezprostředně nepodílejí na odebírání třísky. Pomocnými pohyby se nastavuje vzájemná poloha nástroje a obrobku před řezáním nebo po ukončení řezání se vrací nástroj do výchozí polohy [1].

Pomocný pohyb je kinematicky svázaný s hlavním pohybem umožňující vytvoření požadovaného obrobeného povrchu obrobku [1].

- polohování nebo nastavení nástroje a obrobku určuje místo řezání (odebírání třísky). Je to pohyb přímočarý, někdy kruhový).
- přísuv nástroje určuje hloubku odřezávané vrstvy materiálu (obvykle hloubka řezu a_p). Je to pohyb ve směru kolmém na povrch obrobku: t [mm], [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$].

Řezná rychlost v_c je rychlost hlavního řezného pohybu [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]. Je to okamžitá relativní rychlost uvažovaného bodu ostří ve směru hlavního řezného pohybu [1].

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}],$$

kde D je průměr obrobku nebo nástroje [mm],

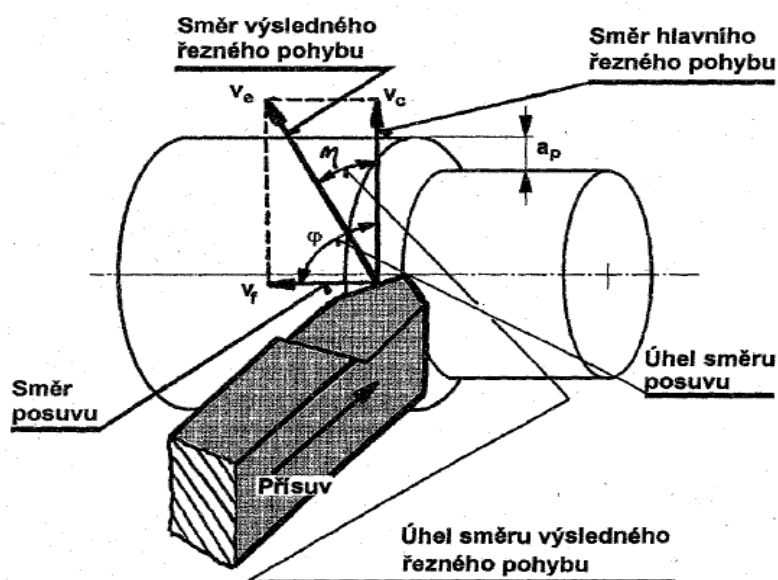
n jsou otáčky obrobku nebo nástroje [min^{-1}].

Rychlost posuvu v_f se udává v technologických výpočtech v $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Je to okamžitá relativní rychlost uvažovaného bodu ostří ve směru posuvu [1].

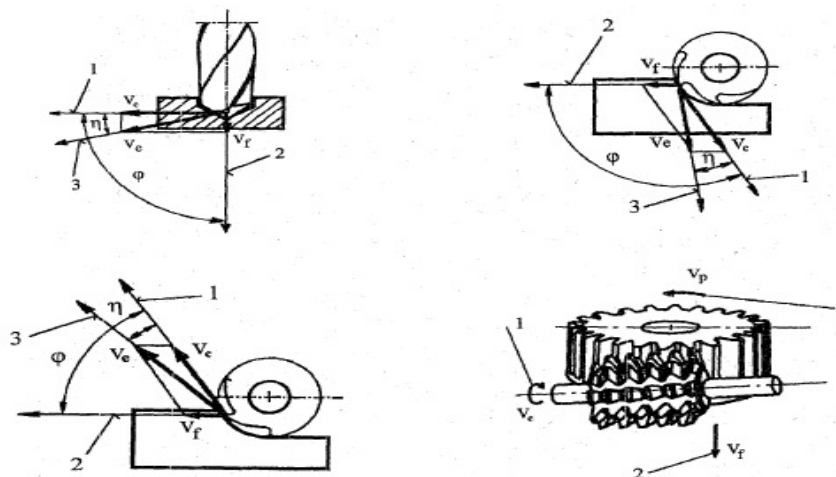
$$v_f = f \cdot n \quad [\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}],$$

kde f je posuv [$\text{mm} \cdot \text{ot}^{-1}$].

Rychlost výsledného řezného pohybu v_e je okamžitý geometrický součet řezné rychlosti a rychlosti posuvu [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]. Obrázec rychlostí je na obr.2.3 [1].



Obr. 2.3 Směry pohybů při soustružení [1]



Obr. 2.4 Příklady pohybu nástroje [1]

2.1 Vrtání

Vrtáním nevyrábějí průběžné i neprůběžné díry válcového tvaru. Jako nástroj se používá vrták – nástroj dvoubřitý, kterým lze vrtat buď do materiálu plného nebo s ním lze zvětšovat díry předvrtané, předlité, předlisované atd. Vrtat je možné na vrtačkách a soustruzích různých druhů, na jednoúčelových strojích apod. Vrtáním se dají vyrobít díry přesnosti IT 11 – IT 14 s drsností povrchu $R_a = 12,5 - 6,3 \mu\text{m}$. Je-li potřebné dosažení větší přesnosti díry, dokončuje se vyhrubováním, vystružováním, protahováním, broušením, honováním apod. Zvolený způsob dokončovacího obrábění závisí na rozměru díry, konstrukci součástky, na vlastnostech obráběného materiálu, na počtu vyráběných kusů, na možnostech strojního parku apod. [1].

Pracovní pohyby při vrtání, průřez třísky

Hlavní řezný pohyb je relativní pohyb nástroje nebo obrobku a obvykle se určuje řeznou rychlostí. Je to pohyb rotační, když na vrtačkách jej vykonává nástroj, na soustruzích jej koná obrobek. Rychlost hlavního řezného pohybu, respektive řeznou rychlost v_c lze vyjádřit vztahem [1]:

$$v_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}],$$

kde d je průměr vrtáku [m],

n jsou otáčky vřetene [min^{-1}].

Posuv f při vrtání je posunutí vrtáku ve směru jeho osy za 1 otáčku. Rychlost posuvu v_f je okamžitá relativní rychlost uvažovaného bodu ostří ve směru posuvu a je dána vztahem [1]:

$$v_f = f \cdot n \quad [\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}],$$

kde f je posuv [$\text{mm} \cdot \text{ot}^{-1}$],

n jsou otáčky [s^{-1}].

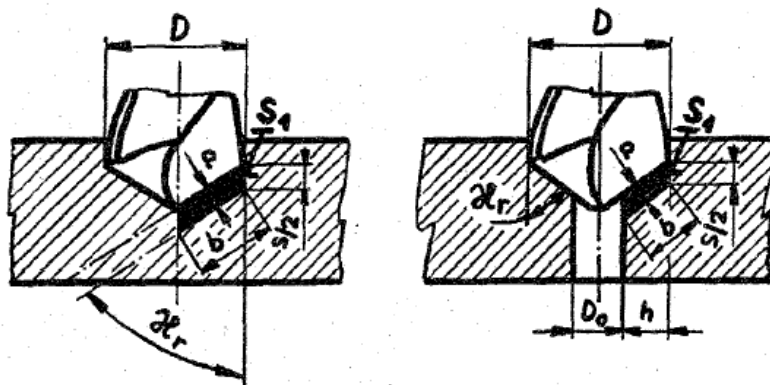
Posuvová rychlost v_f se při výpočtu řezné rychlosti zanedbává. Průřez třísky odřezané jedním řezným klínem se stanoví ze vztahu [1]:

$$S_1 = h \cdot l_a \quad [\text{mm}^2],$$

kde h je tloušťka třísky,

l_a je šířka třísky.

Průřez třísky při vrtání do plného materiálu a při zvětšování předvrtané díry vyplývá z obr.2.5 [1].



Obr. 2.5 Průřez třísky při vrtání [1]

Při vrtání do plného materiálu platí:

$$h = \frac{f}{2} \cdot \sin \kappa_r, \quad b = \frac{D}{2 \cdot \sin \kappa_r},$$

kde κ_r je úhel nastavení [°].

Pro průřez třísky potom platí:

$$S_1 = \frac{D \cdot f}{4} \quad [\text{mm}^2].$$

Průřez třísky, odebírané současně dvěma řeznými klíny vrtáku je:

$$S = 2 \cdot S_1 = \frac{D \cdot f}{2} \quad [\text{mm}^2].$$

Při zvětšování předvrtané díry je šířka třísky dána vztahem:

$$l_a = \frac{D - D_0}{2 \cdot \sin \kappa_r} \quad [\text{mm}],$$

kde D_0 je průměr předvrtané díry [mm].,

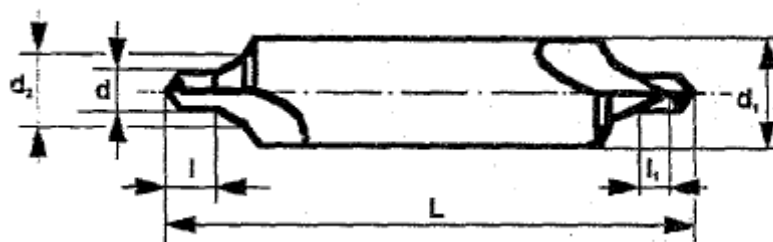
Posuv na zub je možné stanovit podle vztahu:

$$f_z = \frac{f}{2} \quad [\text{mm}].$$

2.2 Rozdělení vrtáků

- **Středící vrtáky**

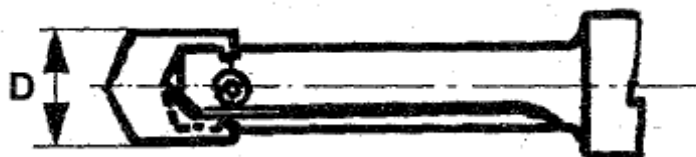
Na součástech obráběných mezi hroty je nutné navrtat středící důlky. Ty se navrtávají středícími vrtáky. Vyrábí se z rychlořezné oceli s průměrem $D = 0,75 - 5 \text{ mm}$ (obr.2.6) [1].



Obr. 2.6 Středící vrták [1]

- **Ploché vrtáky**

Předností plochých (kopinatých) vrtáků je jednoduchá výroba, údržba a nízké výrobní náklady. Nevýhodou je malá produktivita řezání a v důsledku nepřesného vedení nástroje malá rozměrová a geometrická přesnost děr. V současné době se vyrábí ploché vrtáky od 0,1 do 3 mm odstupňované po 0,01 mm. Vrtáky Velkých průměrů nad 25 mm se vyrábí s mechanicky upnutou řeznou destičkou. Plochý vrták nejmodernější konstrukce s rotační přípojkou pro přívod řezné kapaliny se konstruuje hlavně pro použití na NC strojích. Jeho výhodou je, že do držáku lze upínat řezné destičky různých průměrů i tvarů (obr.2.7) [1].



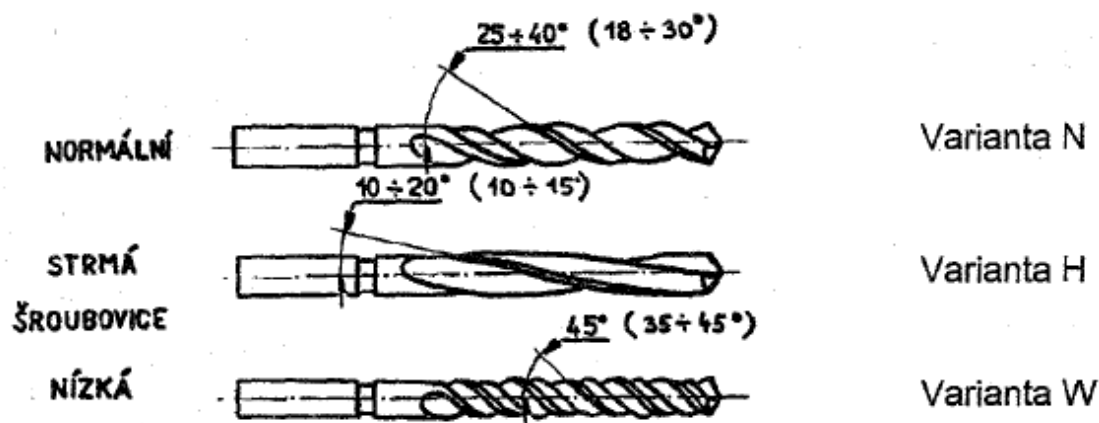
Obr. 2.7 Plochý vrták [1]

- **Šroubovité vrtáky**

Jsou to dvouklínové řezné nástroje se šroubovými drážkami pro odvod třísek a pro přívod kapaliny do oblasti řezu. Vrtají se jimi válcové díry jejichž hloubka dosahuje nejvíce pětinasobku průměru díry. Tělo vrtáku má válcové vodící fasety pro vedení vrtáku v díře. Jejich šířka závisí na průměru vrtáku a bývá 0,3 až 4,5 mm pro rozsah průměrů 2 až 90 mm [1].

Stopka šroubovitých vrtáků může být válcová (do průměru 20 mm) nebo kuželová. Kuželová stopka bývá ukončena ploškou pro upnutí vrtáku do otvoru vřetena nebo redukční vložky, která se nazývá unášec. Při správném upnutí vrtáku nepřenáší tato stopka kroutící moment, ale slouží jako opěrná část při vyražení vrtáku z vřetena či redukční vložky.

Úhel hrotu vrtáku ε_r se volí stejně jako úhel stoupání šroubovice ϖ podle druhu obráběného materiálu (obr.2.8) [1].



Obr. 2.8 Druhy šroubovitých vrtáků podle úhlu stoupání šroubovice [1]

Úhel čela χ_0 závisí na úhlu stoupání šroubovice a vzdálenosti místa řezné hrany od osy vrtáku. Největší hodnotu má na obvodě vrtáku, kde je úhle stoupání šroubovice největší a největší je i vzdálenost místa měření. Směrem do středu vrtáku se χ_0 zmenšuje a v okolí příčné řezné hrany dosahuje záporných hodnot. Tvrdé a vysokopevné materiály vyžadují malý úhle čela, proto je i úhel stoupání šroubovice malý a obráceně [1].

Úhel hřbetu α_0 lze vytvořit podbroušením hrotu vrtáku. Na obvodě má nejmenší hodnotu (6 - 18°), směrem do středu se zvětšuje. Velké úhly χ_0 a α_0 snižují mechanickou pevnost řezných klínů, což je velmi nebezpečné při vrtání tvrdých a vysokopevných materiálů [1].

Příčné ostří je průnik kulových hřbetních ploch řezných klínů. Spojuje obě hlavní ostří vrtáku. Středový úhel φ_p , který s nimi svírá v rovině kolmé k ose vrtáku má být 55 až 60° [1].

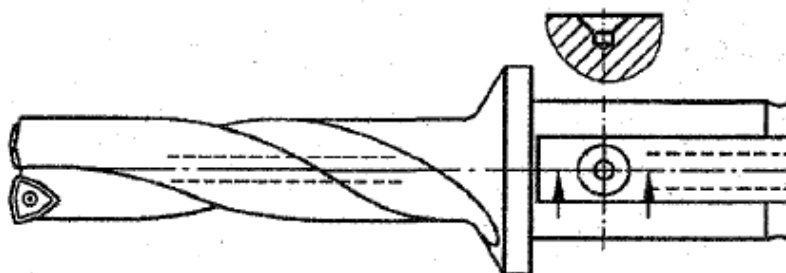
Šroubovitě vrtáky s řeznými destičkami ze slinutých karbidů se od vrtáků z rychlořezných ocelí liší:

- Konstruktivním řešením hrotu vrtáku i destička je v lůžku tělesa nože připájená. Úhel stoupání šroubovice v oblasti řezné destičky má z výrobních důvodů

menší hodnotu jako ve zbývající části tělesa vrtáku. V souvislosti s tím se i úhel čela zmenší.

- Tělesem vrtáku, které se vyrábí kratší a pro zvýšení tuhosti nástroje se zesíleným jádrem.

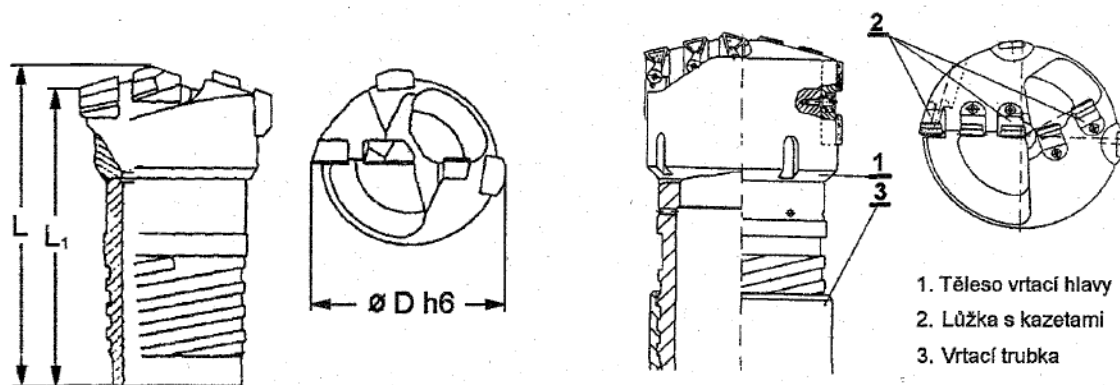
K hospodárnému vrtání otvorů se velmi úspěšně používají šroubovitě vrtáky osazené slinutými karbidy (obr.2.9). Šroubovitě vrtáky malého průměru se vyrábí celé ze slinutého karbidu. Stále širšího uplatnění nachází tzv. stupňovité vrtáky. V sériové výrobě se používají nástroje podobné konstrukce, a to tzv. nástroje sdružené [1].



Obr. 2.9 Šroubovitý vrták s vyměnitelnými řeznými destičkami [1]

• Vrtací hlavy

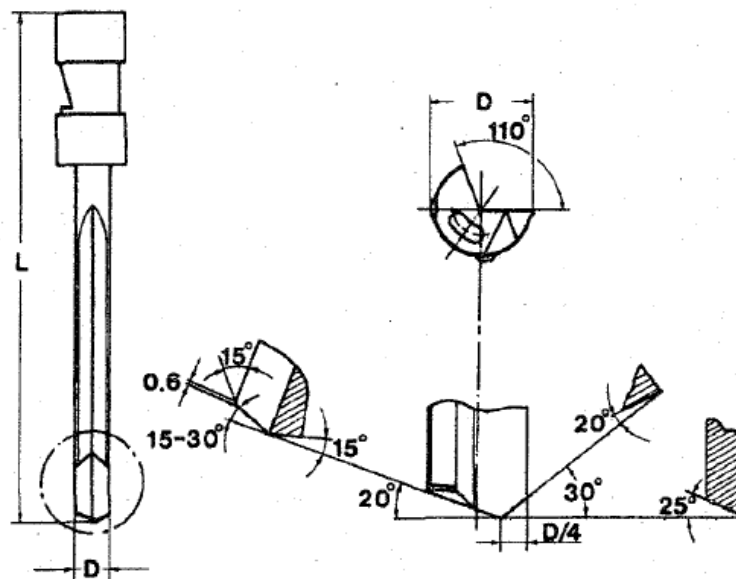
Příklady vrtacích hlav pro vrtání hlubokých otvorů jsou zobrazeny na obr.2.10.



Obr. 2.10 Ejektorová vrtací hlava a BTA vrtací hlava [1]

Pro vrtání otvorů, jejichž hloubka převyšuje pětinasobek průměru, tj. pro vrtání hlubokých otvorů, se používají [1]:

- šroubovitě vrtáky pro hluboké otvory, a nebo vrtáky s vnitřním chlazením, které se vyrábí pro průměry 15,25 až 40 mm. Je to tzv. vrtání s přerušovaným pracovním cyklem.
- Puškové a dělové vrtáky mají pracovní část půlkruhového průřezu. V otvoru je vede válcová plocha této části. Aby byl vrták dobře vedený je nutné díru předvrtat šroubovitým vrtákem (obr.2.11).



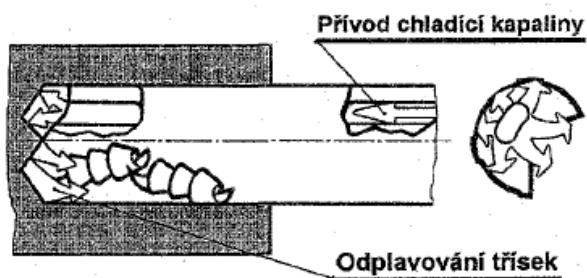
Obr. 2.11 Dělový vrták [1]

- Ploché vrtáky pro hluboké otvory jsou vrtáky s dlouhou vrtací tyčí. Řezné rychlosti se používají stejné jako pro vrtání otvorů kratších, posuv je nutné volit s ohledem na délku tyče.
- Hlavňové vrtáky jsou nástroje obvykle s jedním řezným klínem, který má lomený tvar. Někdy bývá opatřen stupňovitým utvařečem třísek. Při vrtání hlavňovými vrtáky je nutné do obrobku předvrtat přesnou vodící díru pro zavedení vrtací hlavy do pracovní polohy. Předvrtaná díra musí mít rozměry vrtané díry, jejíž hloubka závisí na průměru vrtáku. Obvykle bývá $0,5 D$. Pro nástroje s destičkou ze slinutých karbidů se volí řezná rychlost 60 až $100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, posuv $0,01$ až $0,04 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$. Tlak řezné kapaliny pro odvod třísek má rozsah od 1 do 17 MPa . Pro díry větších průměrů, tj. nad 35 mm , se používají vypichovací hlavňové vrtáky odebírající materiál ve tvaru mezi kruží, takže zůstává tzv. jádro o průměru $0,3D$ až $0,6D$. Řezná část těchto nástrojů je z rychlořezné oceli nebo ze slinutých karbidů.

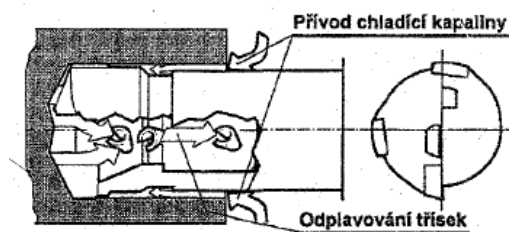
Pro vrtání hlubokých otvorů, u kterých se délka vrtání pohybuje v rozsahu od $5D$ až do $100D$ a více, se používají tyto způsoby [1]:

- Vrtání do plného materiálu jako vrtání běžné. Při tomto způsobu vrtání jde o vrtání jednobřítým vrtákem pro průměry otvorů od $0,98$ do 35 mm podle obr.2.12, o aplikaci principu STS (Single Tube Systém) jako systému jednotrubkového, pro průměry otvorů od $18,40$ do 65 mm podle obr.2.13

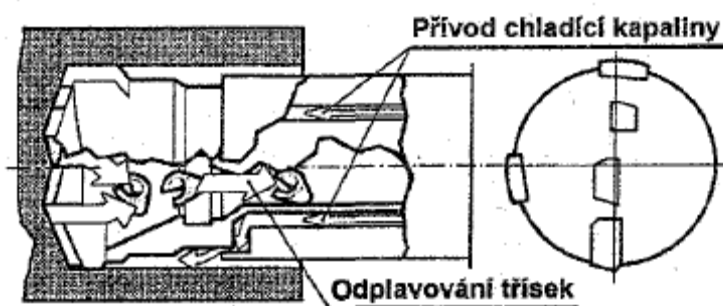
o aplikaci principu ejektorového jako systému dvoutrubkového, pro průměry otvorů od 12,6 do 180 mm podle obr.2.14, při kterém má vnější trubka funkci vrtací tyče i přívodu řezné kapaliny.



Obr. 2.12 Vrtání jednobřítým vrtákem [1]



Obr. 2.13 Jednotrubkový systém [1]



Obr. 2.14 Dvoutrubkový systém [1]

- Vrtání na jádro jako vrtání do dražších materiálů obrobku při malých příkonech. Při vrtání hlubokých otvorů na jádro odebírá vrtací hlava materiál v mezikruží nad $D > 60$ šířky 20 až 50 mm a uprostřed zůstává celistvé jádro. Je to tzv. metoda trepanační, při které se využívá STS systému pro průměry otvorů od 120 do 250 mm. Při její aplikaci odpadá místo nulové rychlosti a dociluje se dobré trvanlivosti ostří.
- Vyvrtávání jako obrábění otvorů s vysokou rozměrovou přesností při malých příkonech pro zhotovení otvorů od 20 mm STS systémem nebo systémem ejektorovým.
- Tažné vyvrtávání jako speciální způsob vyvrtávání děr do trubek vyrobených protlačováním, a nebo odstředivým litím. Tento způsob vyvrtávání je charakteristický tím, že vyvrtávací nástroj obrábí při zpětném pohybu z díry.

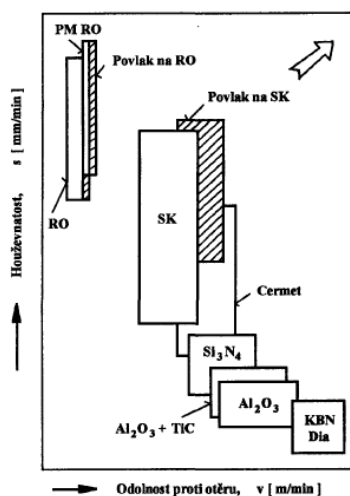
3 Materiály obráběcích nástrojů

Nástroje pro strojní obrábění kovových materiálů patří mezi jednu z nejvýznamnějších skupin nástrojů používaných v průmyslové výrobě. Nové stroje, progresivní technologie a náročnější materiály na výrobky kladou stále větší nároky na kvalitu všech druhů nástrojů. Výkon a životnost nástrojů jsou závislé na mnoha faktorech, především na zvoleném nástrojovém materiálu [3].

Správná volba nástrojového materiálu je důležitým základem ekonomiky obráběcí operace.. Strojní čas a čas potřebný na výměnu otupeného nástroje představují významné faktory produktivity. Žádný řezný materiál dosud není schopen zabezpečit komplexní požadavky obrábění, i když moderní materiály často pokrývají širokou oblast [2].

Ideální řezný materiál by měl mít tyto vlastnosti:

- dostatečnou tvrdost, pro zajištění odolnosti proti opotřebení a plastické deformaci,
- vysokou houževnatost,
- chemicky neutrální chování vůči obráběným materiálům,
- chemickou stabilitu,
- odolnost proti teplotním rázům,
- schopnost neztrácet tvrdost a chemickou stálost za vysokých teplot.



Obr. 3.1 Trend vývoje materiálů pro obráběcí nástroje [2]

3.1 Rozdělení materiálů obráběcích nástrojů

V současnosti se pro obrábění používá celá řada řezných materiálů.

Rozdělení obráběcích materiálů pro nástroje s definovanou řeznou geometrií:

- kovové (vyrobené klasickým tavením),
- spékané (vyrobené práškovou metalurgií),
- keramické (nekovové prášky lisované).

Podle odolnosti vůči otupení:

- nástrojová ocel,
- rychlořezná ocel,
- slinuté karbidy,
- řezná keramika,
- kubický nitrid boru a diamant.

3.2 Rychlořezné oceli

Rychlořezné oceli (RO) jsou vysocelegované oceli, které se od ostatních druhů nástrojových ocelí liší obsahem legujících přísad a rozdílnými podmínkami tepelného zpracování. Díky tomu získávají oproti uhlíkovým a legovaným nástrojovým ocelím vyšší tvrdost a odolnost proti popouštění. Disponují rovněž poměrně vysokou pevností, a tím i příznivou houževnatostí. Tvrdost 60 – 70 HRC si udržují až do teploty 600 °C. Odtud vychází i oblast využití RO. Jde především o nástroje s přesným ostřím, jako protahovací nástroje, šroubovitě vrtáky, nástroje na závity, výstružníky, frézy a tvarové soustružnické nože. Řezná rychlost se při použití těchto nástrojů pohybuje v rozsahu 20 – 80 m·min⁻¹ [2].

Vhodnou volbou obsahu jednotlivých přísadových prvků a jejich kombinací lze dosáhnout specifických vlastností jednotlivých druhů rychlořezných ocelí [2].

Vliv jednotlivých přísadových prvků:

- **Wolfram (W)**: je základním legujícím prvkem. Vytváří tvrdé, vůči opotřebení odolné karbidy a pevný, vůči popouštění stálý martenzit.
- **Molybden (Mo)**: působí podobně jako W, ale s dvojnásobnou intenzitou, molybdenové oceli se navíc vyznačují vysokou houževnatostí. Nevýhodou je vyšší náročnost na tepelné zpracování z důvodu větší citlivosti vůči přehřátí a náchylnost k oduhličení.
- **Vanad (V)**: vytváří nejtvrdsí karbidy a tím zvětšuje odolnost proti abrazivnímu opotřebení, ale výrazně zhoršuje obrobitelnost. Rovněž houževnatost klesá.
- **Kobalt (Co)**: zvětšuje odolnost proti popouštění a tvrdost za tepla.
- **Chrom (Cr)**: zlepšuje kalitelnost a prokalitelnost.

3.3 Slinuté karbidy

Slinuté karbidy jsou v podstatě heterogenní slitiny vyráběné cestou práškové metalurgie. Hlavními složkami těchto heterogenních slitin jsou karbidy vysokotavitelných kovů, např. W, Ti, Ta, Nb, Cr, Mo, které jsou promíchány s kovem o nižší tavicí teplotě, kterým je nejčastěji kobalt [3].

V roce 1923 byl patentován v Německu pod č. 420689 postup výroby, podle kterého se o tři roky později začal vyrábět u firmy Krupp slinutý karbid jako nástrojový materiál s označením Widia. Schröterovy patenty vycházejí z práškového karbidu wolframu s 6 – 12 % C, ke kterému se přidávají kovy skupiny železa, především kobalt v množství 10 – 20 %. Z práškové směsi se lisují tělíska, která se žíhají v blízkosti bodu taní pojíciho kovu – kobaltu. Během slinutí nastává smrštění výlisků, tvrdé částice karbidu wolframu jsou uloženy v houževnaté fázi pojíciho kovu, tj. eutektika W – C – Co [3].

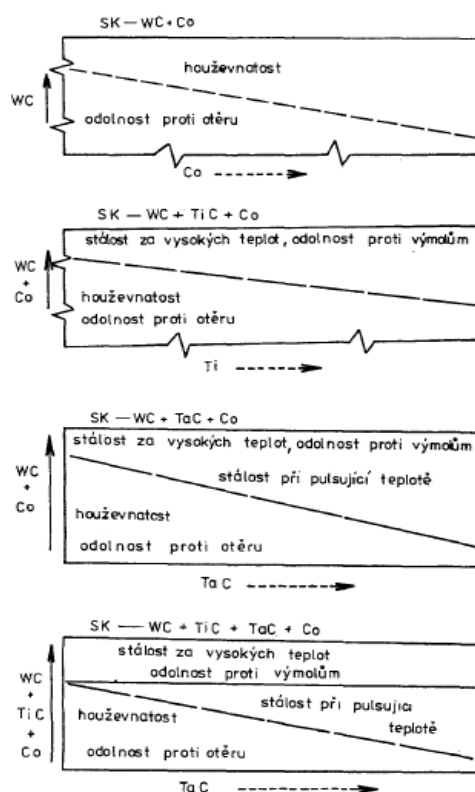
Slinuté karbidy typu WC + Co s obsahem 3, 6, 9, 11, 13 a 15 % Co zůstaly prakticky do dnešní doby nezměněny. Jen malé změny nastaly u druhů s nižšími obsahy Co.

Dnešní slinuté karbidy se skládají převážně z karbidů wolframu, titanu, tantalu, niobu a pojiva kobaltu. Podle množství jednotlivých komponentů získáme řezné materiály s odlišnými fyzikálními a chemickými vlastnostmi. [3]

Vliv jednotlivých komponentů na vlastnosti slinutých karbidů:

- **Karbid wolframu** – je nositelem tvrdosti za vysokých teplot, odolnosti proti otěru a chemické stálosti.
- **Karbid titanu** – rostoucí obsah způsobuje stálost za vysokých teplot a tvrdost výrazněji než karbid wolframu. Na druhé straně však snižuje odolnost proti otěru, zhoršuje křehkost a vykazuje nižší pevnost v ohybu. Zvětšuje součinitel tepelné roztažnosti, podstatně snižuje tepelnou vodivost.
- **Karbid tantalu** – v porovnání s karbidem wolframu zvyšuje stálost za vysokých teplot. Méně nepříznivě než TiC ovlivňuje mechanické vlastnosti. Zlepšuje stálost vlastností při pulsující teplotě.
- **Kobalt** – je nositelem pevnosti a houževnatosti SK. S růstem Co podstatně stoupá tažnost a pevnost SK.

Vliv jednotlivých komponentů na vlastnosti SK je znázorněn na obr. 3.2



Obr. 3.2 [3]

Vlastnosti slinutých karbidů:

- **Hustota** – je závislá hlavně na obsahu kobaltu a stupni slinutí. Skutečná hodnoty leží asi 0,5 – 3 % pod teoretickou hodnotou. Odchyly hodnot hustoty od teoretické jsou ovlivňovány především zbytkovou pórovitostí, která je způsobena nedostatečným mletím, nedokonalým slinutím, nečistotami jako jsou kysličníky nebo grafit. Lisovací tlak nemá zvláštní vliv na hustotu SK, zatím co slinovací teploty i délka slinutí tuto vlastnost silně ovlivňují.
- **Tvrdost** – mezi obsahem kobaltu a tvrdostí je úzká souvislost. Se stoupajícím obsahem kobaltu klesá tvrdost. Na tvrdost slinutého karbidu působí strukturní a fázové vlastnosti, intenzita mletí, slinovací teplota a slinovací čas. Bylo zjištěno, že čím větší je mezivrstva pojící fáze, tím je tvrdost menší. Dále platí, že se stoupající velikostí zrn karbidické fáze tvrdost klesá. S rostoucí slinovací teplotou stoupá tvrdost až do maxima, které je odvislé od složení a velikosti zrn. Pokles tvrdosti při dále rostoucí teplotě nastane následkem rekrystalizace karbidické fáze. S rostoucím obsahem TiC se podstatně zvyšuje tvrdost za tepla.
- **Pevnost v ohybu a tlaku** – na pevnost v ohybu SK má výrazný vliv obsah uhlíku. Přebytek i nedostatek uhlíku způsobuje pokles pevnosti v ohybu. Velikost karbidických zrn i šířka pojící fáze mezi krystaly karbidů silně ovlivňují pevnost v ohybu. Pevnost v ohybu je v přímé závislosti s velikostí WC zrn až do obsahu Co 16 %. Pevnost v ohybu stoupá s růstem Co až do obsahu 20 – 25 % při velikosti karbidického zrna 2 μm . Maximum pevnosti v ohybu za tepla do 400 °C je v podstatě stejné s maximem při pokojové teplotě. Avšak při 600 °C klesá o jednu třetinu a dále s rostoucí teplotou při 800 °C klesá pevnost v ohybu na polovinu původní hodnoty. Pevnost v tlaku je asi 3 – 4 krát větší než pevnost v ohybu. Vyrůstá do obsahu asi 6% kobaltu a pak s jeho stoupajícím obsahem klesá.
- **Struktura** – strukturu heterogenních slitin slinutých karbidů tvoří zrna karbidu wolframu, karbidu titanu nebo tantalu, pojící fáze a další jiné fáze, které většinou zhoršují jejich užité vlastnosti. Struktura slinutých karbidů má být rovnoměrná, pojící fáze má tvořit pravidelnou elastickou kostru mezi tvrdými zrny karbidů bez ostrůvků. Ve struktuře se nemají vyskytovat škodlivé

elementy především křehká fáze – η , grafit. Slinuté karbidy s jemnou strukturou jsou odolnější proti otěru, s hrubší strukturou jsou houževnatější. Pro obrábění za vysokých rychlostí a pro středně náročné operace má být struktura jemná, zatímco pro hrubovací práce je lepší středně hrubá velikost zrna. Ve strukturách výrobků SK s TiC se vyskytují ve větším množství nečistoty segregace a narušení karbidických zrn následkem velké afinity titanu ke kyslíku a dalším prvkům. Z těchto důvodů je lepší provádět slinování ve vakuu.

Použití slinutých karbidů pro obrábění

Mezinárodní rozdělení použitelnosti slinutých karbidů podle ISO zahrnuje z hlediska řezného procesu tři skupiny [3].:

P – slinuté karbidy pro obrábění materiálů, které dávají dlouhou plastickou třísku,

M – slinuté karbidy pro obrábění materiálů, které dávají dlouhou i krátkou třísku,

K – slinuté karbidy pro obrábění materiálů, které dávají krátkou – křehkou třísku.

Zatřídění podle použití uvnitř jednotlivých skupin je dáno pracovními podmínkami. Podskupiny se označují dvojmístným číslem, které vyjadřuje houževnatost přiřazených druhů a jejich odolnost vůči otěru. V podskupinách s nízkým číslem jsou u všech tří hlavních skupin druhy s velkou odolností proti otěru a malou houževnatostí a v podskupinách s vysokým číslem je tomu naopak [3].

Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, které dávají plastickou třísku P

Tuto skupinu SK lze rozdělit na dvě další skupiny:

- a) Slinuté karbidy typu P pro velmi jemné obrábění oceli, pro jemné obrábění oceli, polohrubování oceli nižších a středních pevností a pro hlazení a částečné hrubování oceli a temperované litiny. Do této skupiny se řadí podle ISO slinuté karbidy P 01.3, P01.4, P10, P 20. Uvedené druhy SK obsahují 10 - 40% TiC a 4 – 10% Co, zbytek je vždy karbid wolframu. U některých výrobců SK je obsah TiC nahrazen TaC v množství až do 15% TaC [3].

- b) Slinuté karbidy typu P pro hrubování oceli. Zde jsou zařazeny druhy SK s vysokou houževnatostí a menší odolností proti otěru P 25, P 30, P 40, P 50 a P60. Mimo typ P 25 obsahují ostatní druhy hrubší karbidická zrna. Některé druhy jsou obohaceny menším množstvím TaC (2%) [3].

Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, které dávají krátkou třísku K

Tuto skupinu lze rozdělit na dvě další skupiny:

- a) Slinuté karbidy typu K pro jemné obrábění, hlazení a polohrubování šedé litiny, tvrzené litiny, kalených ocelí, neželezných kovů i nekovových materiálů. Do této skupiny se řadí slinuté karbidy K 03, K 05 a K 10. Tyto druhy se vyznačují velmi jemnou zrnitostí základní karbidické složky. Jsou to druhy velmi odolné proti otěru, obsahují 3 - 7% Co. Většina z nich obsahuje TaC v množství až do 2% [3].
- b) Slinuté karbidy stejných typů pro hrubování šedé litiny , hlazení a hrubování neželezných kovů a nekovových materiálů. Do této skupiny se řadí slinuté karbidy K 20, K 30, K40, které mají středně velká karbid-wolframová zrna. Uvedené SK obsahují asi 6 - 10% Co, většinou bez přísad TaC [3].

Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, které dávají dlouho i krátkou třísku M

Slinuté karbidy typu M jsou vhodné pro obrábění těžko obrobitelných nebo litých materiálů. Mimo to jsou vhodné i k obrábění šedé litiny. Nepatří však mezi univerzální SK, přísluší jim speciální použití [2].

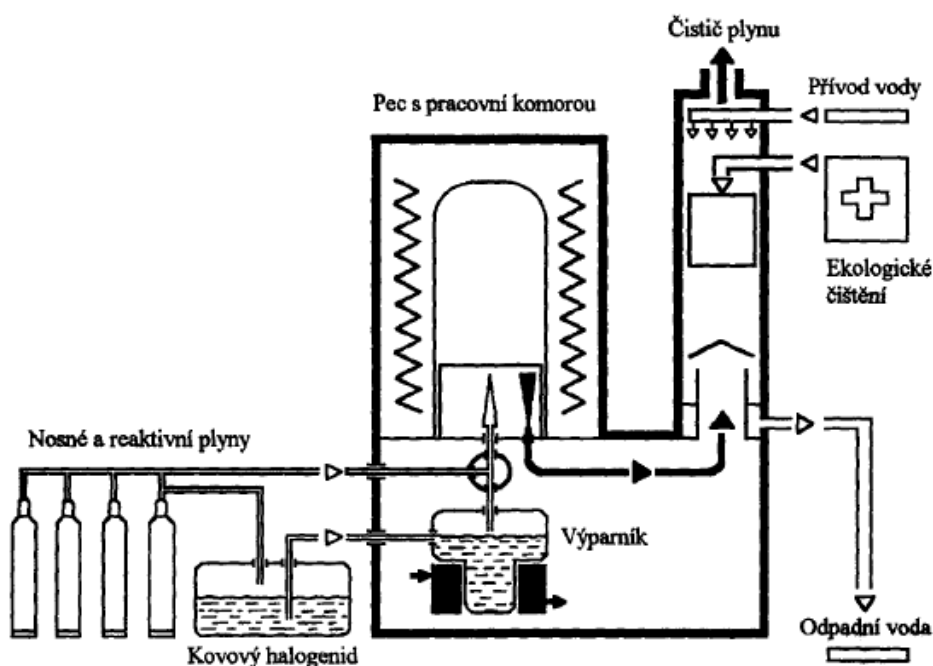
Pro tvářecí nářadí se používá výhradně SK typu K (Wc – Co).Pro jádra na tažená drátů o pevnosti okolo 1 100 N / mm² se používají SK K 10 a K 20. Pro tažné matrice větších průměrů jsou vhodné druhy K 30 a K 40. Na lisovací zápustky k lisování šroubů za tepla se používají houževnaté druhy s 25% CO a asi 1,5% TiC.

Povlakované slinuté karbidy

První povlakované destičky ze slinutého karbidu pro obrábění se na trhu objevily koncem 60. let (materiál GC 125 firmy Sandvik Coromant, povlak TiC, tloušťka vrstvy 4 – 5 μm). Brzy poté byly vyvinuty povlaky typu TiN a Ti(C,N) a v polovině 70. let přišly na trh povlaky Al_2O_3 . Tyto povlaky byly vytvořené metodou CVD (Chemical Vapour Deposition). Uvedené povlaky se liší fyzikálními vlastnostmi, pevnostními charakteristikami, adhezí k podkladu, odolností proti různým druhům opotřebení a koeficientem tření [2].

Chemický proces povlakování je založen na reakci plyných sloučenin v bezprostřední blízkosti povrchu podkladového slinutého karbidu a následném uložení produktů reakce na tomto povrchu. Základním požadavkem přitom je, aby výchozí plyny obsahovaly stabilní, ale přitom prchavou sloučeninu, která se v důsledku převedení energie (ohřevem, plazmovým obloukem, laserem) chemicky rozkládá (např. kovový halogenit, TiCl_4). Produkty jejího rozkladu jsou pak ukládány na ohřátý povrch povlakovaného předmětu a působí zde jako katalyzátor. Aby proběhla požadovaná reakce (vytvoření vrstvy povlaku), musí být v plynech obsažen i nekovový reaktivní plyn (např. N_2 , NH_4 , CH_4) [2].

Na obr. 3.3 je uvedeno schematické zobrazení povlakovacího zařízení CVD

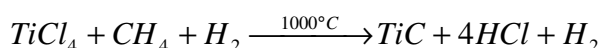


Obr. 3.3 Princip povlakovacího zařízení pro metodu CVD [2]

Obvykle jsou rozlišovány tyto vývojové stupně povlakovaných slinutých karbidů:

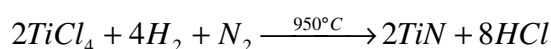
1. generace:

Jednovrstevný povlak (téměř výhradně TiC) s tloušťkou asi 7 μm a špatnou soudržností podkladu a povlaku (tato nepříznivá vlastnost byla způsobena nedokonalou technologií výroby, kdy mezi podkladem a povlakem docházelo k tvorbě křehkého eta – karbidu). Chemickou reakci, při které se usazuje karbid titanu na povrch destiček, lze popsat následující rovnicí [2]:



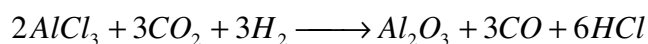
2. generace:

Jednovrstevný povlak (TiC, Ti(C,N), TiN) bez eta – karbidu na přechodu podklad – povlak. Zdokonalení technologie výroby umožnilo vytvořit vrstvy povlaků o větší tloušťce (až 13 μm) bez nebezpečí jejich odlupování při funkci nástroje. Typickou reakci lze popsat rovnicí [2]:



3. generace:

Vícevrstvý povlak (dvě až tři, případně i více vrstev) s ostře ohraničenými přechody mezi jednotlivými vrstvami. Řazení vrstev odpovídá jejich vlastnostem tak, že jako první jsou na podklad obvykle nanášeny vrstvy s lepší přilnavostí k podkladu, které mají relativně nižší odolnost proti opotřebení, a jako poslední jsou nanášeny vrstvy, které nemusí mít dobrou přilnavost k podkladu (dobrá přilnavost k předchozí vrstvě vyplývá z procesu výroby), ale požaduje se od nich vysoká tvrdost a odolnost proti opotřebení. Příkladem je vrstva Al_2O_3 vzniklá chemickou reakcí podle rovnice [2]:



Nejčastěji bývají jednotlivé vrstvy řazeny v tomto pořadí (od podkladu k povrchu):

TiC – Al_2O_3 , TiC – TiN, TiC – Ti(C,N) – TiN, TiC – Al_2O_3 – TiN

4. generace:

Speciální vícevrstvý povlak (velmi často i více než 10 vrstev a mezivrstev), s méně či více výraznými přechody mezi jednotlivými vrstvami (užívají se stejné materiály jako u 3.generace). Výroba takového povlaku je umožněna řízením atmosféry v povlakovacím zařízení podle potřeby technologického postupu povlakování. Nejnovější povlaky této generace mají mezi podkladem a vlastním povlakem vrstvu speciálního materiálu typu WC – Co o tloušťce asi 30 μm [2].

Přednosti CVD a PVD technologie v sobě spojuje a nevýhody značně eliminuje technologie chemického povlakování s využitím mikropulzní plazmy- PCVD (plazmatická CVD metoda). U této metody dochází (obdobně jako u metody CVD) k vylučování povlaku z plynné fáze, teplota pracovního prostředí je ale v důsledku mikropulzně řízeného plazmatického výboje mnohem nižší. Rovněž pracovní tlak 1 - 10 mbar v komoře se dosahuje velmi snadno, což zjednodušuje vkládání povlakovaných předmětů do pracovní komory. [2]

Pro vytváření povlaků se využívá široká škála plynů: N₂, H₂, Ar, CH₄, TiCl₄ a AlCl₃. Složení povlaku, jeho tloušťka a adheze jsou dány plynným prostředím v komoře a energií plazmy. Nejčastěji používané povlaky jsou vytvářeny s tímto složením: TiN, Ti(C,N) a (Ti,Al)N. U SK se spíše než TiN uplatňují povlaky o vysoké tvrdosti na bázi TiAl, např. (Ti,Al)N nebo TiAlCN. Těchto nástrojů je požadována vysoká tepelná odolnost povlaků vzhledem k vysokým řezným rychlostem. Proto tyto povlaky mají význam především tam kde se použije mezivrstva bránící přestupu tepla. Tomuto požadavku vyhovují povlaky s mezivrstvou Al₂O₃. Protože prvky jsou do komory dávkovány v plynné podobě, můžeme plynule měnit stechiometrické složení povlaků a jejich typ. Teplota povlakování pro aplikace s vysokou adhezí bývá od 400 do 600 °C. K dobré adhezi povlaků přispívá také možnost iontového čištění součástí a nástrojů před povlakováním [2].

Povlakované vyměnitelné destičky z SK jsou přednostně doporučované pro všechny operace soustružení, větší část operací vrtání a frézování, a to pro převážnou část strojírenských materiálů, včetně některých těžkoobrobitelných. Odhaduje se, že více než 75% soustružnických operací a asi 40% frézovacích operací je dnes realizováno povlakovanými SK [2].

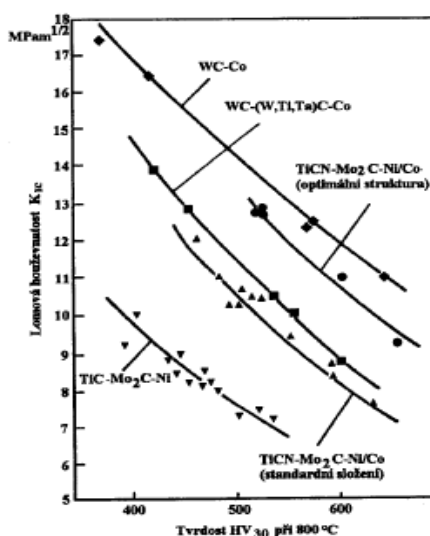
3.4 Cermety

Cermet je název pro řezný materiál obsahující tvrdé částice TiC , TiN , Ti(C,N) (asi 60 - 85%) a další v kovovém (Ni , Mo , Co) pojivu, vyrobený obdobně jako SK práškovou metalurgií. Skladba spékané směsi určuje též teplotu spékání, která se pohybuje v rozmezí 1600 - 1900°C. Název zahrnuje počáteční písmena slovního spojení CERamic / METal použitý pro označení tvrdých částic v houževnatém kovovém pojivu [2].

První cermety byly tvořeny karbidem titanu v Ni , Mo pojivu a nazývaly se většinou bezwolframové slinuté karbidy. Uváděný název se stal nepřesným v 70. letech, kdy byl tento materiál obohacen dalšími tvrdými částicemi legovanými karbidy a nitridy (Mo , Ta/Nb , W , V , Zr , Al) [2].

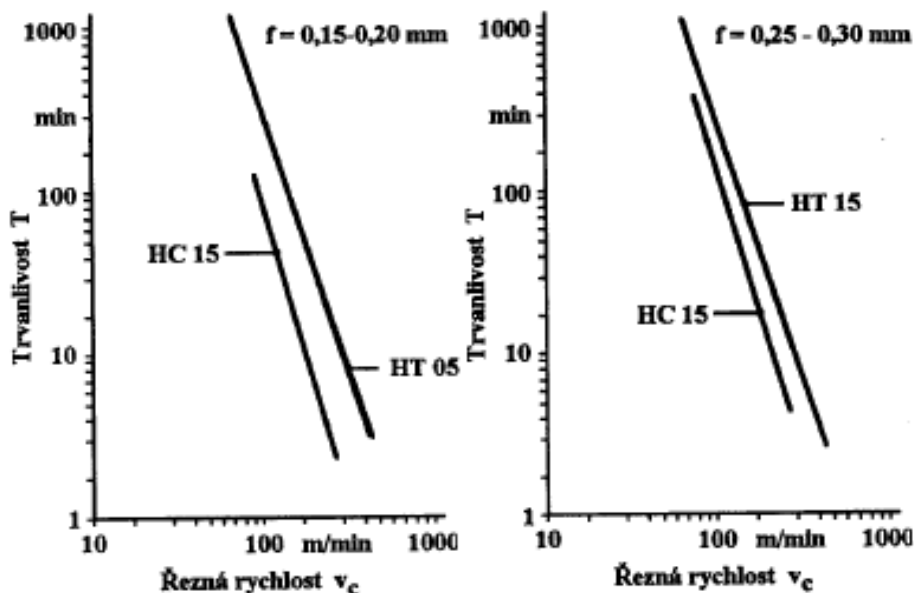
Cermety mají velmi dobrou odolnost proti opotřebení čela i hřbetu, vysokou tvrdost za tepla a chemickou stabilitu. Oproti SK jsou méně houževnaté a odolné proti tepelnému rázu. K dalším výhodám patří malý sklon k oxidačnímu opotřebení, lepší jakost obrobené plochy a díky velké trvanlivosti i vysoká přesnost rozměrů obrobku [2].

Na obr.3.4 jsou uvedeny tvrdosti za tepla (HV_{30} při 800 °C) a lomová houževnatost (K_{IC} při RT) pro cermety na bázi TiC a Ti(C,N) a porovnány s konvenčními SK na bázi WC [2].



Obr. 3.4 Srovnání jednotlivých druhů cermetů s SK typu WC – Co [2]

Cermety jsou s výhodou používány pro obrábění vysokými řeznými rychlostmi ($v = 50 - 440 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$), malými posuvy ($f_a = 0,08 - 0,35 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$) a při malých hloubkách řezu ($a_p = 0,05 - 3 \text{ mm}$), tedy všude tam, kde je důležitým kritériem přesnost rozměrů a jakost obrobenej plochy – viz obr.3.5 [2].



Obr. 3.5 Závislost $T - v$ pro cermety a povlakované SK [2]

Ideální podmínkou pro použití je stabilita obrábění bez hrubých přerušovaných řezů. Ostrý a tvrdý břit je často výhodou při velkosériové výrobě tam, kde jsou přídatky na obrábění konstantní. Oblasti použití fernetů při soustružení ocelí, ocelolitin a litin jsou P01 až P20, M05 až M15 a K01 až K10. Jemnozrnné typy, např. TiC – TiN – Ni - Mo jsou vhodné i pro frézování P01 až P30 a M01 až M25. [2]

Vývoj cermetů je velmi intenzivní a lze očekávat jejich postupné rozšiřování do stávajících aplikačních oblastí slinutých karbidů a keramiky. Nejširší uplatnění doznaly cermety v Japonsku, kde představují 28% podíl všech vyrobených nástrojových materiálů. V Evropě a USA je tento podíl s 5% ještě výrazně nižší. [2]

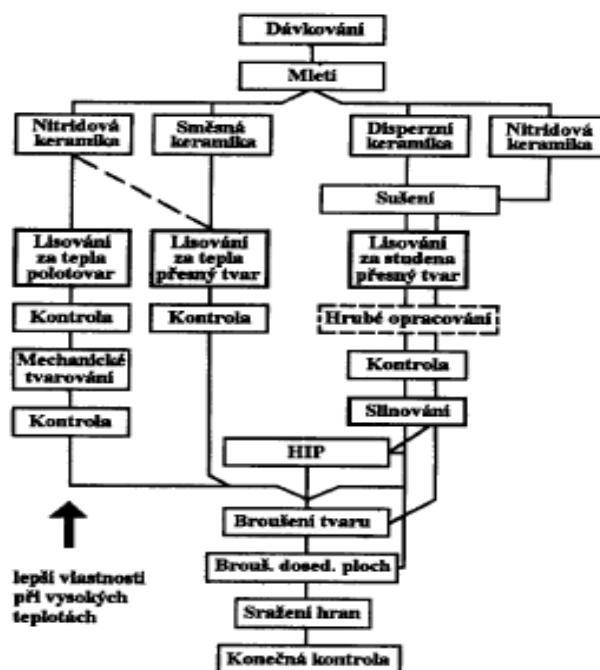
Pozoruhodnou tržní novinkou jsou cermety s postupnou změnou vlastností od houževnatého jádra do tvrdé podpovrchové vrstvy získanou speciálním procesem slinování. Taková kombinace dává otěruvzdorný a zároveň houževnatý a spolehlivý cermet vhodný pro jemné obrábění vysokými řeznými rychlostmi. [2]

3.5 Řezná keramika

První použitelný řezný materiál na bázi Al_2O_3 vyvinula německá firma Degussa už během 2. světové války. Nízká houževnatost a velký rozptyl vlastností způsobily, že k významnějšímu rozšíření tohoto materiálu nedošlo. Teprve intenzivní výzkum směřující k získání jemnozrné struktury, větší pevnosti v ohybu a odolnosti proti tepelným rázům vedl koncem 50. let k rozšíření keramiky na bázi Al_2O_3 . K tomu zároveň přispěl i vývoj obráběcích strojů s vyšší tuhostí, s vysokými otáčkami včetně a s potřebným výkonem pohonů. V 70. letech se podařilo zvýšit ohybovou pevnost řezné keramiky z původních 400 – 500 Mpa na 1000 Mpa a značně zvýšit lomovou houževnatost. Ve druhé polovině 80. let se objevila keramika vyztužená whiskery SiC , kterými se podařilo zvýšit lomovou houževnatost na dvojnásobek. Vedle řezné keramiky na bázi Al_2O_3 se vynořila neoxidická keramika na bázi nitridu křemíku Si_3N_4 , jejíž vysoká houževnatost a odolnost proti tepelným rázům umožňují výrazné zvýšení posuvů, obrábění přerušovaným řezem a případné chlazení kapalinou. [2]

Výroba a vlastnosti řezné keramiky

Výroba řezné keramiky je obdobná výrobě jiných práškových slinutých karbidů – viz obr.3.6 [2]

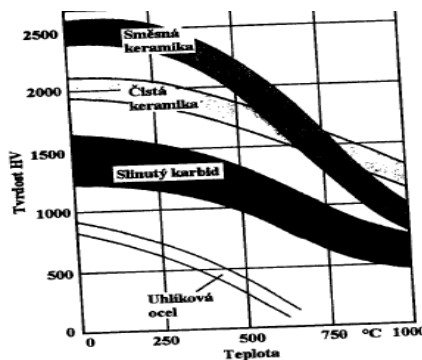


Obr. 3.6 Postup výroby řezné keramiky [2]

Výchozí surovinou jsou velmi čisté a jemnozrné prášky základních surovin, které se dokonale mísí, tvarují, suší, slinují (nad 1600°C) a nakonec upravují do požadovaného tvaru. Na rozdíl od slinutých karbidů však neobsahují keramické břitové destičky prakticky žádnou pojící fázi. To vyžaduje velmi přesné dodržování technologického postupu výroby s ohledem na lisování za studena a za tepla (1700°C , 300 barů), izostatické lisování HIP, přípravu výchozích prášků, volbu velikosti zrn a přísad. Tímto technologickým postupem lze jednotlivé vlastnosti keramiky různě kombinovat a měnit tak, jak to vyžaduje konkrétní aplikace daného materiálu. V oblasti řezných materiálů jsou keramické materiály s výhodou využívány především pro tyto vlastnosti [2]:

- vysokou tvrdost,
- nízkou měrnou hmotnost,
- odolnost proti působení vysokých teplot (u současných nejlepších materiálů i odolnost proti náhlým změnám teploty),
- odolnost proti mechanickému namáhání (zejména tlakem),
- odolnost proti opotřebení, chemickým vlivům a korozi (vysoká trvanlivost a řezivost),
- dostupnost základních surovin z domácích zdrojů,
- poměrně nízká cena.

Tvrdost řezné keramiky při teplotě 1000°C je srovnatelná s tvrdostí oceli při pokojové teplotě – viz obr.3.7. Proto lze řeznou keramiku na bázi Al_2O_3 úspěšně uplatnit při vysokých teplotách, které vznikají při obrábění zakalených materiálů. Ve srovnání s SK je možné při soustružení oxidickou keramikou realizovat 2 – 4 násobně vyšší řeznou rychlost [2].



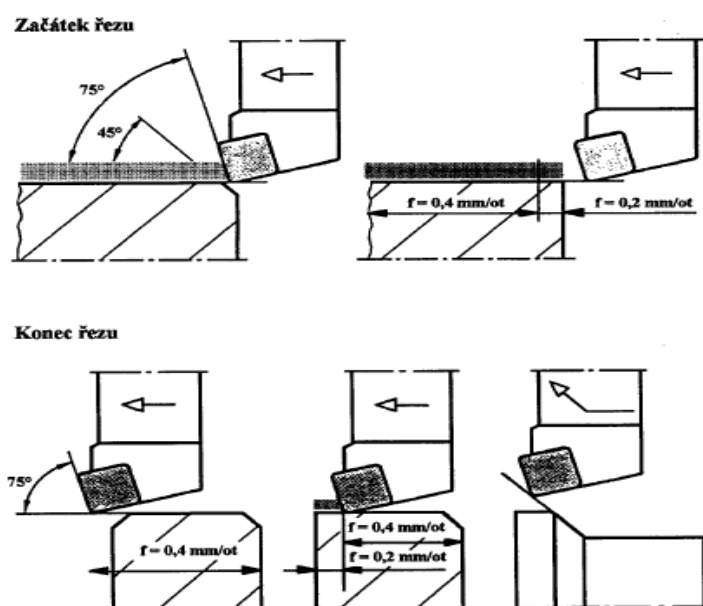
Obr. 3.7 Vliv teploty na tvrdost řezné keramiky [2]

Řezná keramika patří mezi velmi výkonné nástrojové materiály, její nasazení však vyžaduje mimo správné volby řezných podmínek dodržet určité zásady. K hlavním podmínkám optimálního využití řezné keramiky patří zejména [2]:

- vysoká tuhost systému stroj – nástroj – obrobek (kmitání jakéhokoliv druhu výrazně zvyšuje intenzitu opotřebení nástroje),
- využití výkonných obráběcích strojů s širokým rozsahem posuvů a otáček,
- zabezpečení pevného a spolehlivého upnutí obrobku (zejména při soustružení větších součástí vysokými řeznými rychlostmi působí proti upínacím silám velké síly odstředivé),
- odstranění kůry obráběných polotovarů (zejména odlitků, výkovků, ale i válcovaného materiálu) jiným druhem nástrojového materiálu (např. SK) a dodržení požadovaného tvaru polotovaru,
- najíždění a vyjíždění z řezu při snížených hodnotách posuvu.

Geometrické odchylky polotovaru od ideálního tvaru, např. otřepy a odchylky kruhovitosti, vedou k nekontrolovatelnému namáhání břitu nástroje. Spolehlivost procesu a předvídatelnost výsledku se tím značně sníží [2].

Náběh břitu do řezu s pomocí sražené hrany, volba hloubky řezu a posuvu při plném záběru nástroje mohou tyto negativní vlivy omezit – viz. obr.3.8 [2]



Obr. 3.8 Náběh a výběh nástroje při soustružení řeznou keramikou [2]

Rozdělení řezné keramiky

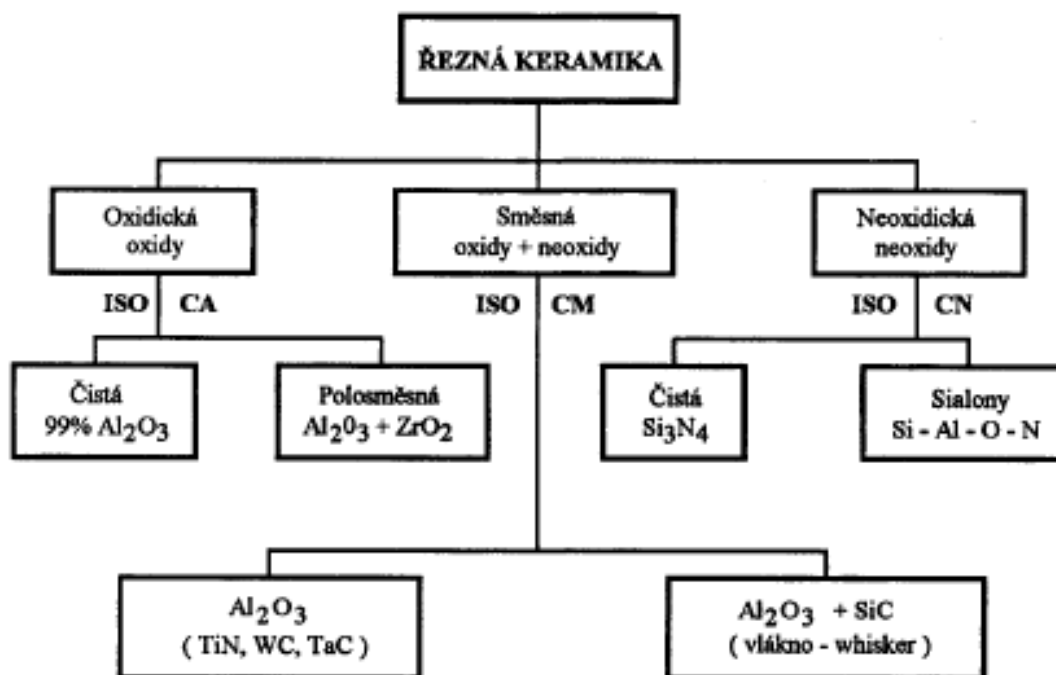
Historicky nejstarším materiálem je čistá oxidická keramika s relativně nízkou houževnatostí a odolností proti teplotnímu rázu, s vysokou odolností proti opotřebení a vynikající chemickou stálostí. Je tvořena velmi čistým jemnozrnným oxidem hliníku Al_2O_3 s přídavkem velmi malého množství látek usnadňujících slinování a zabraňujících růstu zrn. Materiál se lisuje za studena (bílá) buď běžným způsobem, nebo tzv. vakuovou extruzí tlakem šneku přes tvarové ústí a slinuje se při teplotách kolem 1600°C . Je možné použít i lisování za tepla (šedá) v grafitové formě, kdy při lisování dochází současně ke slinutí. Progresivní technologie je izostatické lisování za tepla HIP (hot isostatic pressing), kde se v autoklávu za teploty více než 1500°C dohutňuje tlakem inertního plynu již slinutý keramický materiál. Dosáhne se tak téměř nulové poréznosti. Čistá oxidická keramika je méně houževnatá, a proto i méně odolná proti křehkému lomu. Tyto nepříjemné vlastnosti lze zlepšit přidáním asi 20% oxidu zirkoničitého ZrO_2 . Tato jemnozrnná keramika se někdy nazývá polosměsná nebo disperzní [2].

Směsná oxidická keramika je tvořena směsí oxidu hlinitého Al_2O_3 a neoxidických materiálů TiC, TiN a dalších v objemu asi 20 – 40%. Materiál má lepší tepelnou vodivost, odolnost proti tepelným rázům a vyšší pevnost v ohybu. Přísady totiž spolu s ZrO_2 absorbují energii v oblastech tahového napětí na čele trhliny a tím zvyšují houževnatost keramiky. Destičky se vyrábí obvykle lisováním za tepla a mají charakteristickou černou barvu [2].

V případě **keramiky vyztužené whiskery** se obvykle jedná o čistou keramiku s přídavkem asi 25 - 45% objemu whiskerů SiC. Whiskery jsou monokrystalická vlákna o průměru $0,1 - 1\ \mu\text{m}$ a délky 20 – 30 μm . Jejich vysoká mechanická pevnost (7 – 20 GPa) způsobuje vyztužení matrice Al_2O_3 a tím zvýšení pevnosti v ohybu. Ve srovnání se směsnou keramikou vykazuje whiskerová keramika až 60% zvýšení houževnatosti. Nejvýznamnější funkcí whiskerů v matrici je snížení náchylnosti k šíření trhlin a tím k vyštípování a vylamování materiálu břitů. Tyčinky vláken způsobují rovnoměrné rozložení mechanického zatížení a zásluhou dobré tepelné vodivosti odvádějí rychleji teplo z pásma teplotně silně zatíženého břítu. Zvyšuje se také mez únavy při střídavém namáhání nástroje a roste odolnost proti tepelným

šokům, takže je možné řeznou keramiku vyztuženou whiskery obrábět pod řeznou kapalinou. K nevýhodám tohoto materiálu patří afinita SiC k železu při vysokých pracovních teplotách [2].

Neoxidová keramika na bázi nitridu křemíku Si_3N_4 byla vyvinuta po roce 1970 firmou Lucas ve Velké Británii. Z hlediska obrábění má vyšší lomovou houževnatost než keramika směsná a má výrazně vyšší tepelnou vodivost a nižší citlivost na tepelné rázy. Vzhledem k nižší chemické stabilitě není vhodná pro obrábění oceli. Slinutý nitrid křemíku je vyroben slinováním Si_3N_4 se zhutňovacími přísadami (Al_2O_3 , MgO , Y_2O_3) při teplotách 1600 - 1800 °C v dusíkové atmosféře o tlaku 1 – 10 MPa. Mechanismus zhutňování slinutého nitridu křemíku během výroby pomocí MgO je založen na vzniku tekuté taveninové fáze $\alpha - \text{Si}_3\text{N}_4$. Mezi zrníky nitridu křemíku pak zůstává zachována skelní fáze [2].



Obr. 3.9 Členění řezné keramiky

Uplatnění řezné keramiky

Spolu s cermety pokrývá keramika oblasti aplikace původně obsazené slinutými karbidy, zejména soustružení, vyvrtávání a frézování šedé litiny, žáruvzdorných

a žárovevných slitin, zušlechtěných ocelí, tvárné a temperované litiny a do určité míry i ocelí [2].

Keramické vyměnitelné břitové destičky mají jednodušší tvar než destičky ze slinutých karbidů. Utváření třísky je řešeno jednoduchým předlisovaným nebo vybroušeným stupínkem nebo přiloženou karbidovou destičkou. Keramické vyměnitelné břitové destičky je také možné povlakovat, a to metodou CVD i PVD. Povlakováním keramiky se sice výrazně nezvýší tvrdost, ale změní se třecí poměry mezi nástrojem a obrobkem, zvýší se mez únavy a odolnost proti vzniku povrchových trhlin. Přínos povlaků tak lze očekávat vedle schopnosti zabránit šíření povrchových mikrotrhlin ve zvýšení odolnosti proti tepelným rázům a v ochraně proti chemickému opotřebení keramiky typu $Al_2O_3 + SiC$ a Si_3N_4 [2].

3.6 Syntetické velmi tvrdé materiály

Polykrystalické supertvrde materiály jak na bázi diamantu (PKD), tak i kubického nitridu boru (PKNB, PKB) svými vlastnostmi, zvláště pak tvrdostí a otěruvzdorností, výrazně převyšují dosud používané řezné materiály ze slinutého karbidu a řezné keramiky [2].

Podle definice se v obou případech jedná o keramické řezné materiály. Diamant patří mezi jednoatomární keramiku a nitrid boru mezi keramiku neoxidickou. Polykrystalické supertvrde materiály se připravují slinováním vstupních diamantových, popř. KBN prášků s různými pojivy ve vysokotlakých nástrojích při tlacích 6 – 8 GPa a teplotách 1600 - 1800 °C. Účelem slinování je docílit přímé vazby mezi jednotlivými zrny supertvrdých materiálů (STM). Z hlediska výše uvedené podmínky je nutné, aby objemový podíl supertvrdých materiálů byl vyšší než 60% [2].

Výsledné produkty slinování se různými způsoby (elektroerozivně, laserem, broušením diamantovými kotouči, lapováním dia práškem) opracovávají na požadovaný tvar a rozměr. Sortiment výrobků je přizpůsoben normám ISO pro vyměnitelné destičky ze slinutého karbidu [2].

Z hlediska provedení základního kompaktu PK STM jsou připravovány dvě rozdílné varianty [2]:

1. monolitní PK STM (celý objem destičky je tvořen materiálem PK STM),
2. vrstvené destičky STM/SK (na podložce ze slinutého karbidu je přislinuta vrstva PK STM o minimální tloušťce 0,5 mm).

Pro výrobu nástrojů a vyměnitelných břitových destiček osazených polykrystalickými supertvrdými materiály se nejčastěji používají segmenty (půlkruh, kruhová výseč, trojúhelník, čtverec, popř. obdélník) vzniklé elektrojiskrovým dělením vrstevnatých kruhových destiček o průměru 9,52 – 70 mm. Tyto segmenty jsou pak napájeny do uležení v nosném tělese nástroje nebo vyměnitelné břitové destičce. Následuje opracování, jehož kvalita má podstatný vliv na výslednou životnost nástroje [2].

Polykrystalický diamant

Diamant je nejtvrdším známým přírodním materiálem. Průmyslové diamanty jsou dnes dostupné v několika provedeních, v historickém pořadí: přírodní monokrystal, polykrystalický kompakt, syntetický monokrystal a fólie připravená aktivovanou chemickou depozicí z plynné fáze. Vedle vysoké tvrdosti, dané vazebnou energií kubické mřížky, mají diamanty výbornou odolnost proti abrazivnímu opotřebení, dobrou tepelnou vodivost a nízký koeficient tření. Mezi nevýhody patří křehkost, afinita železným kovům a Ni slitinám a nízká pracovní teplota. Při ohřevu nad 700 °C se v PKD objevují trhliny. S rostoucí teplotou je rovněž možná zpětná grafitizace diamantu [2].

Nástroje a vyměnitelné břitové destičky osazené polykrystalickým diamantem se používají pro soustružení, frézování, vrtání a vyvrtávání neželezných kovů a slitin. Stále více jsou tyto nástroje používány při obrábění plastických a keramických hmot s abrazivními plnidly, slinutých karbidů, grafitu, kamene, pryže a dalších kompozitních materiálů s abrazivní složkou. V dřevozpracujícím průmyslu se používají vrtáky osazené PKD k opracování laminovaných dřevotřísek [2].

Mimo oblast řezných nástrojů se PKD používá do průvlaků pro tváření např. wolframových drátů, jako otěruvzdorné dotyky, čidla, atd. Důležitými oblastmi jeho použití jsou geologie a hornictví, kde je PKD osazován jako řezný element do vrtných korunek a dlát [2].

Při výrobě nástrojů a vyměnitelných břitových destiček osazených PKD je možno volit rozdílnou zrnitost diamantu v rozmezí 2 – 25 μm a typ vazby (kov, keramika) podle požadované aplikace. Obecně platí pravidlo, že s jemnější zrnitostí je možné získat lepší drsnost obráběného povrchu – do určité míry ovšem klesá i celková životnost nástroje [2].

Polykrystalický kubický nitrid boru

Kubický nitrid boru je synteticky vyrobený materiál, který v přírodní formě neexistuje. Hexagonální BN se získává reakcí halogenidu boru se čpavkem. Transformace hexagonálního BN v kubický KBN se děje při tlaku 50 – 90 kbar a teplotě 1800 - 2000 °C. Patří k velmi tvrdým materiálům s vysokou pevností za tepla (až 1300 °C), výbornou odolností proti opotřebení a chemickou stabilitou k železným kovům [2].

Řezné charakteristiky polykrystalického nitridu boru lze při výrobě ovlivňovat velikostí výchozích krystalů, objemem a typem pojící fáze a objemem a typem přísadových tvrdých částic. Polykrystalický KBN se používá na nástroje pro soustružení a vyvrtávání a v posledních letech v jemnozrnné verzi i pro nástroje frézovací. Břítové destičky s vysokým podílem KBN se osvědčily při obrábění superslitin, slinutých karbidů a tvrzených litinových válců. Řezné destičky s menším podílem KBN a keramickou vazbou se používají při obrábění zušlechtěných (zakalených) ocelí a tvrzených litin s tvrdostí nad 48 HRC [2].

Nástroje s KBN zaručují vysoký úběr materiálu i kvalitu obrobeného povrchu ($R_a = 0,3 - 0,4 \mu\text{m}$, tolerance 0,01 mm), a proto stále častěji nahrazují operace broušení, zejména v kusové až sériové výrobě, což představuje podstatné zvýšení objemu odebraného materiálu, snížení času obrábění a tím zvýšení produktivity práce [2].

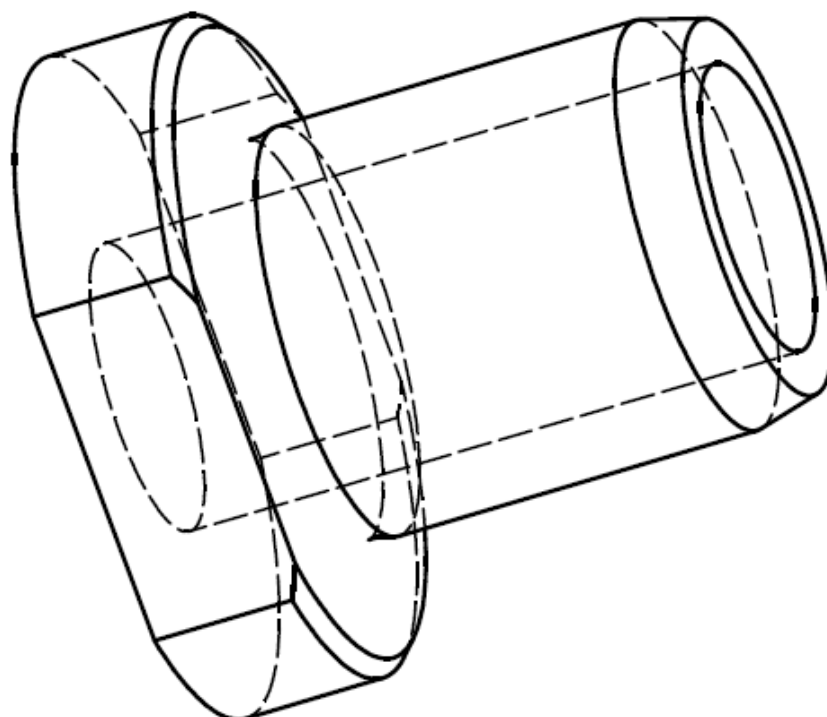
Nástroje a vyměnitelné břitové destičky osazené PKNB jsou dále používány při obrábění bílé litiny s tvrdostí na 50 HRC, legované litiny, tvrdých návarů a satelitů [2].

Hlavní podmínkou pro práci nástrojů s PKNB je dostatečný výkon stroje, minimální vyložení nástroje a pevná a stabilní soustava stroj – nástroj – obrobek, neboť jakékoliv chvění snižuje životnost nástroje. Pro zvýšení životnosti nástroje a zlepšení povrchové drsnosti obrobku se doporučuje použít chladicí kapaliny [2].

4 Rozbor stávající technologie výroby

4.1 Volba součásti

Pro tuto bakalářskou práci byla zvolena součást z výrobního programu firmy MIPEXA. Jedná se o součást pouzdra. Tato součást je vyráběna pro užití v automobilovém průmyslu. Obrábění funkčních částí součásti je prováděno dle stávajícího technologického postupu firmy. Stávající technologický postup je stejně jako výrobní výkres součásti uveden v příloze. Racionalizace stávající technologie výroby se bude vztahovat především na obrábění otvoru v součásti, snížení strojního času výroby otvoru a zvýšení produktivity výroby.

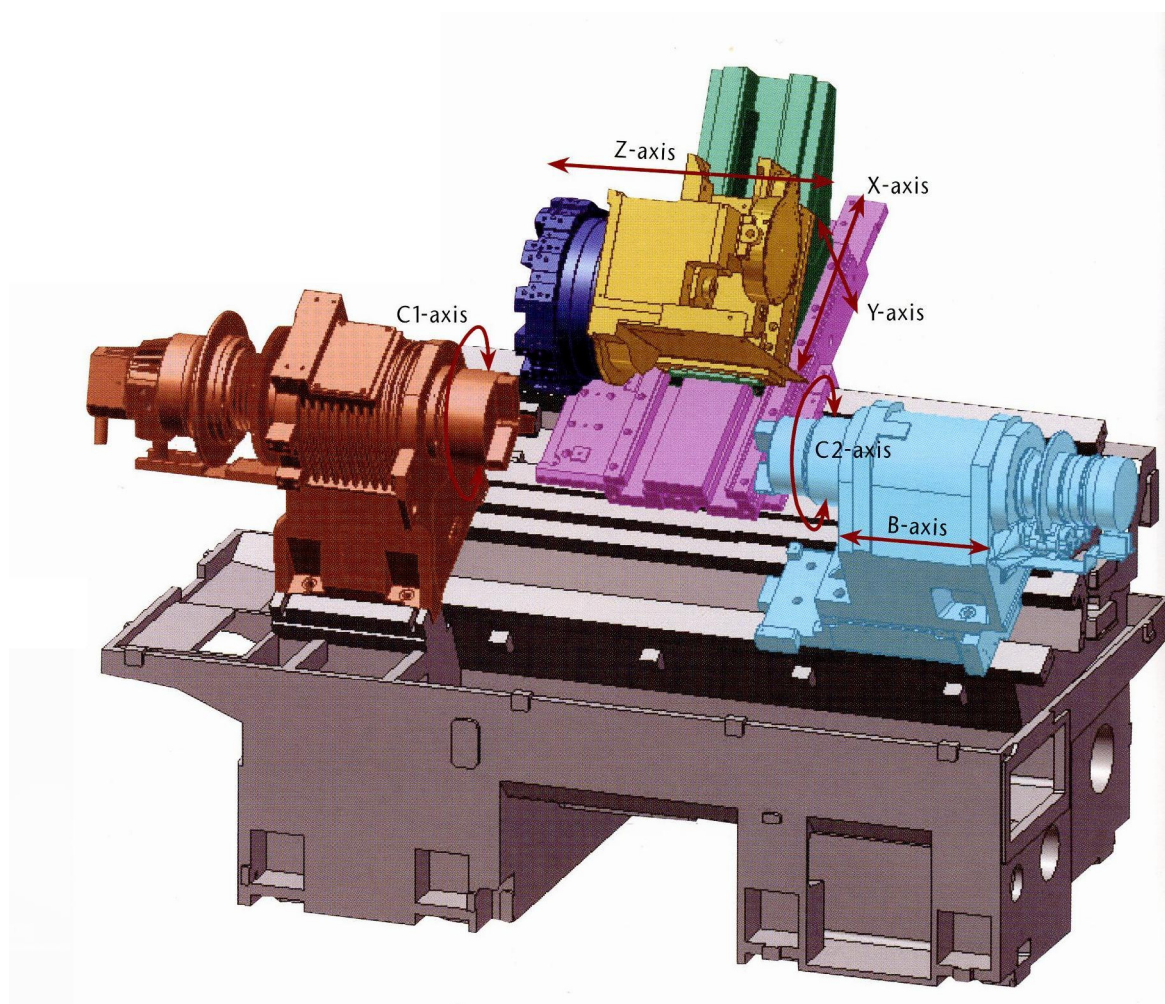


Obr. 4.1 Pouzdro

4.2 Výrobní stroj

Revolverový CNC soustruh GOODWAY GSM 260

Při výrobě dané součásti byl použit revolverový CNC soustruh Goodway GSM 260. Je to 6 – osý CNC stroj pro obrábění rotačních součástí. Díky numericky řízenému koníku a revolverové hlavě, do níž je možné upnout poháněné nástroje, lze provádět nejen soustružení, ale také frézování, vrtání a závity [4].



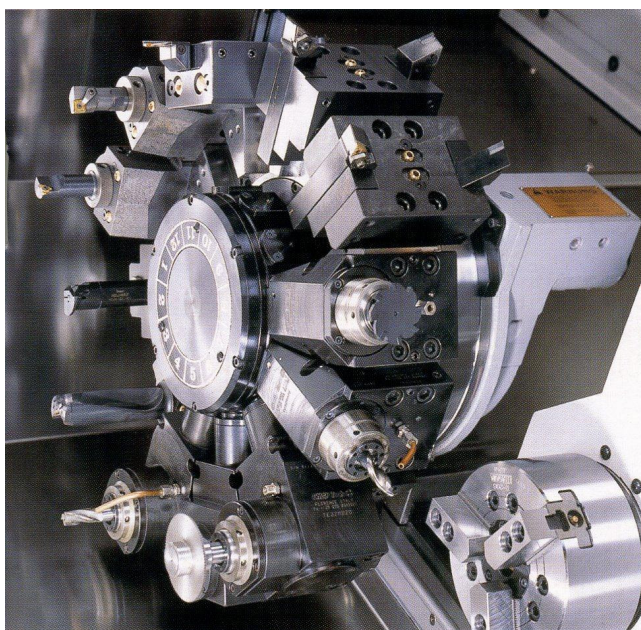
Obr. 4.2 – Náčrtes CNC GOODWAY GSM 260 [4]

Technické parametry stroje GOODWAY GSM 260

Tab. 1 – Technické parametry

Maximální průchod vřetene	65 mm
Maximální obráběný průměr	400 mm
Maximální obráběná délka	600 mm
Otáčky vřetene	40 / 4000 ot / min
Výkon hlavního motoru	15 kw / 18,5 kW
Rychlost os X / Z	20 m/min / 24 m/min
Revolverová hlava	12 pozic
NC kontrol	FANUC Oi - TC
Váha	4 300 kg

- tříčelistové sklíčidlo KITAGAWA 10 nebo kleštinové upínání
- tvrdé čelisti 1 x, měkké čelisti 3 x
- programovatelný koník s hydraulickou pinolou
- dopravník třísek
- centrální mazání
- odebírání obrobků
- držák poháněných nástrojů OMAP 0° a OMAP 90°



Obr. 4.3 – Revolverová hlava pro upínání nástrojů [4]

4.3 Materiál součásti

Součást je vyráběna z materiálu 9SMnPb28K. Je to automatová ocel s přidavkem olova a proto vynikajícími obráběcími vlastnostmi. Není vhodná ke svařování. Používá se v automobilovém průmyslu, na výrobu nástrojů.

Označení materiálu: dle ISO

11SMnPb30

Mechanické vlastnosti oceli 9SMnPb28K

Tab. 2 - Mechanické vlastnosti

Mez kluzu $R_{p0,2}$	375 N / mm ²
Mez pevnosti R_m	460 – 710 N / mm ²
Tažnost A_5	8 %
Tvrdość HB	112 - 169

Chemické složení oceli 9SMnPb28K

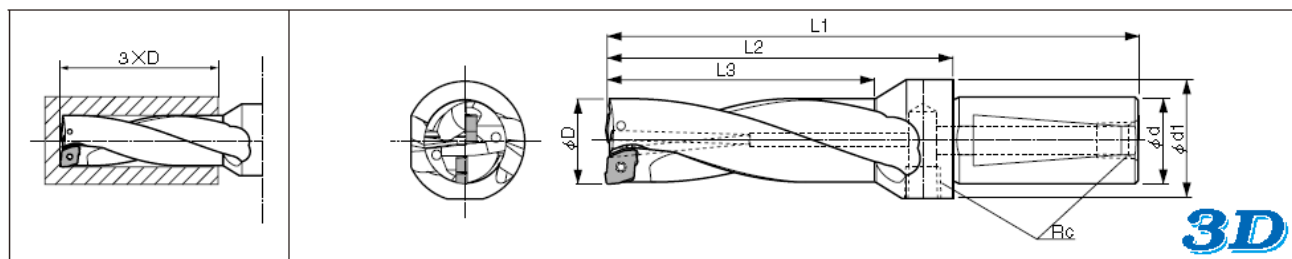
Tab. 3 – Chemické složení

Chemické složení [hm. %]					
C	Si	Mn	P	S	Pb
max. 0.14	max. 0.05	0.9 – 1,3	max. 0,11	0,27 – 0,33	0,20 – 0,35

4.4 Nástroj

U stávající technologie výroby otvoru součásti je používán vrtací nástroj Magic Drill Φ 18 mm firmy KYOCERA. Nástroj je osazen dvěma vyměnitelnými břitovými destičkami.

Nástroj: Magic drill S25 – DRZ 1854 – 06 s 2 VBD

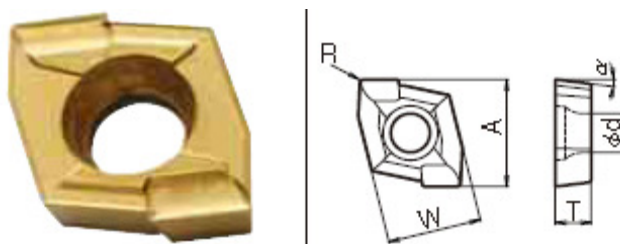


Obr. 4.4 Rozměry nástroje [6]

Parametry nástroje:

- $\Phi D = 18 \text{ mm},$
- $L1 = 136 \text{ mm},$
- $L2 = 82 \text{ mm},$
- $L3 = 54 \text{ mm},$
- $\Phi d = 25 \text{ mm},$
- $\Phi d_1 = 32 \text{ mm}.$

Břitové destičky: KYOCERA ZCMT06T204SP



Obr. 4.5 VBD ZCMT06T204SP [6]

Rozměry VBD: $A = 7 \text{ mm}, T = 2,8 \text{ mm}, \Phi d = 2,5 \text{ mm}, W = 6 \text{ mm}, R = 0,4 \text{ mm}, \alpha = 7^\circ$

Materiál VBD: PR930 – velmi jemnozrnná struktura, vysoká pevnost v ohybu (4000 Mpa), PVD povlak TiCN, pro vysoce přesné obrábění.

5 Návrh nové technologie výroby součásti

V této části se budu zabývat návrhem nového nástroje na výrobu otvoru v součásti a jeho řezných podmínek.

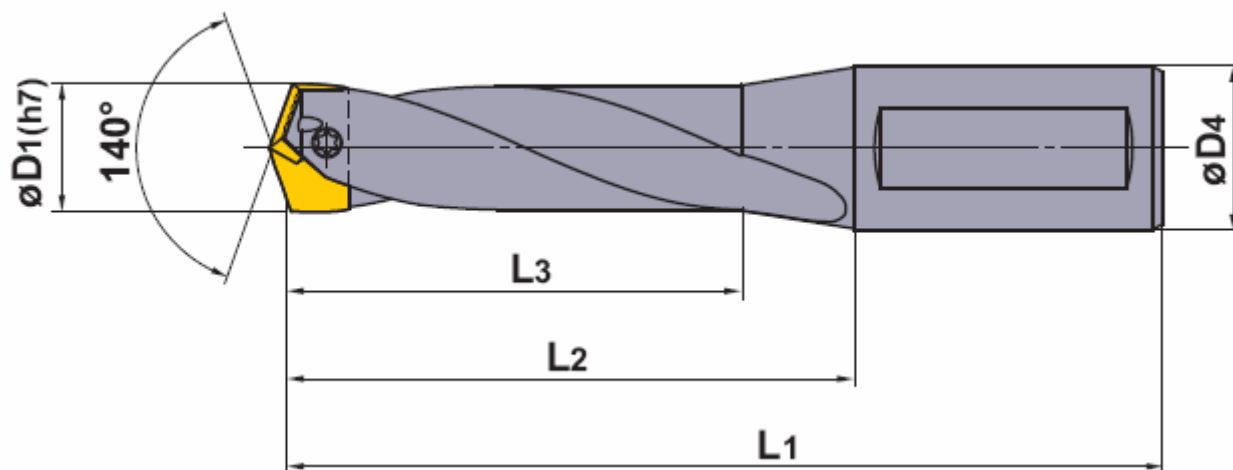
5.1 Návrh nástroje

Pro novou technologii výroby navrhuji použít vrták TAWMN1800S20 Φ 18 mm firmy Mitsubishi. Nástroj je osazený vyměnitelnou břitovou destičkou. Parametry a řezné podmínky nástroje jsou voleny z katalogu nástrojů firmy Mitsubishi.

Volím nástroj **TAWMN1800S20**



Obr. 5.1 Nástroj TAWMN1800S20 [7]



Obr. 5.2 Rozměry nástroje [7]

Parametry nástroje:

$D_1 = 18 \text{ mm}$,

$L_3 = 102 \text{ mm}$,

$L_2 = 125 \text{ mm}$,

$L_1 = 175 \text{ mm}$,

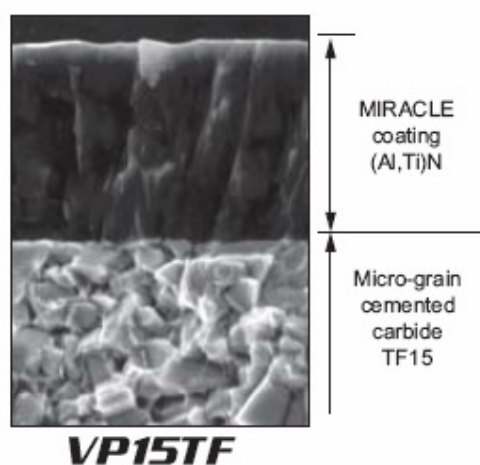
$D_4 = 20 \text{ mm}$.

Volím vyměnitelnou břitovou destičku TAWNH1800T – VP15TF

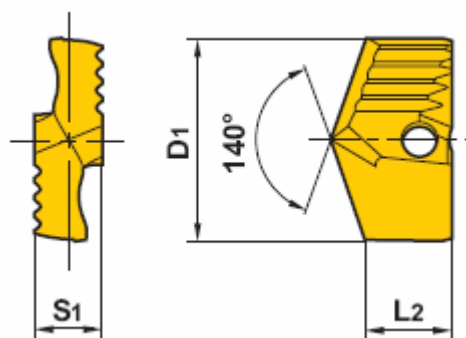
Tyto povlakované vyměnitelné břitové destičky jsou vhodné pro obrábění většiny druhů ocelí. Díky povlakování Miracle, povlak (Al,Ti)N, se tyto destičky vyznačují mimořádnou životností. Mají velmi snadné upínání.



Obr. 5.3 Břitová destička [7]



Obr. 5.4 Povlakování MIRACLE [7]



Obr. 5.5 Rozměry břitové destičky [7]

Parametry destičky:

$$D_1 = 18 \text{ mm},$$

$$L_2 = 7,4 \text{ mm},$$

$$S_1 = 6 \text{ mm}.$$

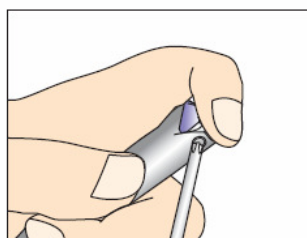


Fig. 1

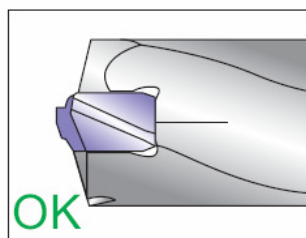
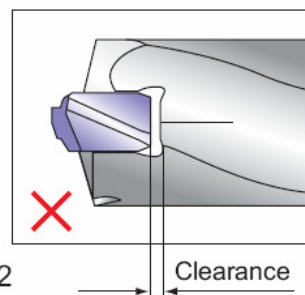


Fig. 2



Obr. 5.6 Upínání břitové destičky [7]

5.2 Volba řezných podmínek

Při volbě řezných podmínek vycházím z doporučených hodnot z katalogu firmy Mitsubishi pro obráběný materiál.

Volba řezné rychlosti:

Doporučená řezná rychlost pro obráběný materiál a daný průměr nástroje je dle katalogu výrobce $v_c = 60$ až $100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

volím $v_c = 80 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Volba posuvu:

Doporučená hodnota posuvu pro obráběný materiál a daný průměr nástroje je dle katalogu výrobce $f = 0,2$ až $0,3 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$

volím $f = 0,25 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$

Výpočet otáček n :

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D_1} = \frac{80 \cdot 1000}{\pi \cdot 18} = 1414 \text{ min}^{-1}$$

Volím otáčky 1500 min^{-1} .

Výpočet posunové rychlosti v_f :

$$v_f = f \cdot n = 0,25 \cdot 1500 = 375 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

Posunová rychlost $v_f = 375 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$

Work Material		Drill Diameter	$\phi 14.0 - \phi 15.4$		$\phi 15.5 - \phi 18.4$	
		Conditions Hardness	Cutting Speed (mm/rev)	Feed (mm/rev)	Cutting Speed (m/min)	Feed (mm/rev)
P	Mild Steel	$\leq 180\text{HB}$	70 (60–90)	0.20 (0.15–0.25)	80 (60–100)	0.25 (0.20–0.30)
	Carbon Steel	180–280HB	70 (60–90)	0.20 (0.15–0.25)	80 (60–100)	0.25 (0.20–0.30)
	Alloy Steel	280–350HB	60 (50–80)	0.15 (0.12–0.18)	70 (50–90)	0.20 (0.15–0.25)

Obr. 5.7 Doporučené řezné podmínky [7]

6 Ekonomické zhodnocení

Výpočet strojního času výroby otvoru t_c :

$$t_c = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{42 \cdot 1}{1500 \cdot 0,25} = 0,112 \text{ min} = 6,7 \text{ s}$$

L – vrtaná délka [mm]

i – počet otvorů

n – otáčky [min^{-1}]

f – posuv [$\text{mm} \cdot \text{ot}^{-1}$]

Porovnání strojních časů výroby otvoru:

Strojní čas výroby otvoru u stávající technologie je 14,8 s. Při použití nové technologie výroby dojde ve srovnání se stávající k 65% úspoře času výroby otvoru.

Porovnání řezných podmínek:

Stávající technologie:

Posuv $f = 0,08 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$

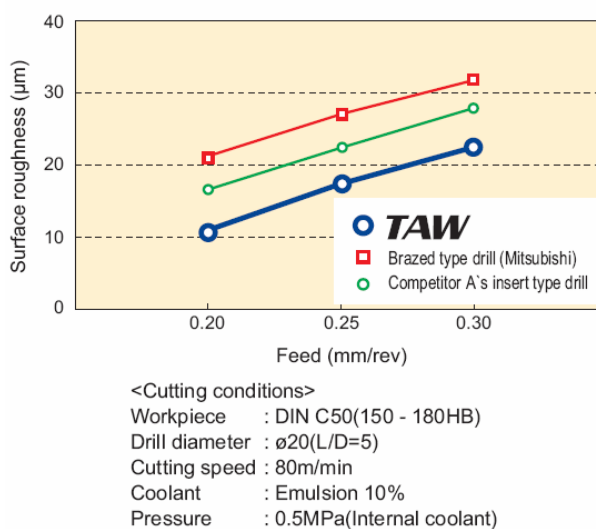
Řezná rychlost $v_c = 120 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Navrhovaná technologie:

Posuv $f = 0,25 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$

Řezná rychlost $v_c = 80 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Při použití nového nástroje je možné použít mnohem vyšších posuvů při zvýšení kvality obrobeného povrchu.

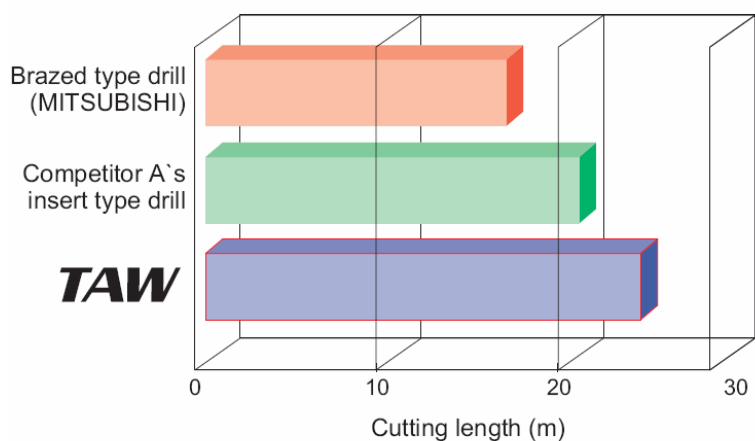


Obr. 6.1 Drsnost povrchu (srovnání drsnosti povrchu s konkurenčními nástroji) [7]

U nové technologie výroby je použit nástroj s vysokou trvanlivostí a velmi snadným a rychlým systémem výměny břitové destičky. Díky tomu dojde ke snížení času výměny břitové destičky, zvýšení času obrábění do výměny destičky a tím ke zvýšení produktivity výroby součástí.



Obr. 6.2 Systém upínání vyměnitelné břitové destičky [7]



<Cutting conditions>

Workpiece : DIN C50(150 - 180HB) Coolant : Emulsion 10%
 Drill diameter : $\varnothing 20$ (L/D=5) Pressure : 0.5MPa(Internal coolant)
 Cutting speed: 100m/min
 Feed : 0.25mm/rev

Obr. 6.3 Trvanlivost vyměnitelné břitové destičky
 (srovnání trvanlivosti destičky s konkurenčními) [7]

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce při racionalizaci obrábění pouzdra s využitím CNC obráběcího stroje, bylo zvýšení produktivity výroby dané součásti. K návrhu nové technologie bylo nutno provést rozbor stávající technologie výroby. Z výše uvedeného srovnání údajů vyplývá, že navrhovaná technologie přinese zvýšení produktivity výroby součásti.

Seznam použité literatury

- [1] BILÍK, Oldřich. *Obrábění I, 1. díl*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2001. 136 s. ISBN 80–7078–811-9
- [2] MRKVICA, Ivan. *Návody ke cvičení z obráběcích nástrojů, 1. část*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2008, 148 s. ISBN 978-80-248-1053-9
- [3] MRKVICA, Miloš. *Přípravky a obráběcí nástroje, 1. díl, Řezné nástroje*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2006, 192 s. ISBN 80-7078-941-7
- [4] Webové stránky firmy FILÁK, s.r.o, dostupné na < <http://www.filak.cz/> >
- [5] Webové stránky firmy MIPEXA, s.r.o, dostupné na < <http://www.mipexa.cz/> >
- [6] Katalog výrobku Magic drill firmy KYOCERA
- [7] Katalog vrtáků s vyměnitelnými destičkami firmy MITSUBISHI

Seznam příloh

Příloha 1: Technologický postup

Příloha 2: Výkres součásti

Příloha 3: CD - ROM